

Кафедра «Архитектура производственных объектов  
и архитектурные конструкции»

Н. М. Фомичёва  
Н. А. Токарева  
С. Г. Пинчук

## **КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура»  
и 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
в сфере высшего образования Республики Беларусь по образованию  
в области строительства и архитектуры*

Минск  
БНТУ  
2014

УДК 692.42/.47:725.4(075.8)

~~ББК 38.44я7~~

Ф76

Рецензенты:

*С. А. Сергачёв, С. И. Корзун*

**Фомичёва, Н. М.**

Ф76      Конструкции покрытий производственных зданий : учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура» и 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» / Н. М. Фомичёва, Н. А. Токарева, С. Г. Пинчук. – Минск : БНТУ, 2014. – 170 с.  
ISBN 978-985-525-856-9.

Учебно-методическое пособие состоит из шести разделов и предназначено для студентов специальности 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство» и других строительных специальностей дневной и заочной форм обучения, а также для студентов специальности 1-69 01 01 «Архитектура». Пособие разработано в соответствии с учебной программой дисциплин «Архитектура» и «Архитектурно-строительные конструкции» для указанных специальностей.

УДК 692.42/.47:725.4(075.8)

ББК 38.44я7

ISBN 978-985-525-856-9

© Фомичёва Н. М., Токарева Н. А.,  
Пинчук С. Г., 2014

© Белорусский национальный  
технический университет, 2014

## Введение

Преподавание раздела «Объемно-планировочные и конструктивные решения производственных зданий» дисциплин «Архитектура» и «Архитектурно-строительные конструкции» предполагает изучение студентами несущих и ограждающих конструкций из различных материалов, а также приобретение навыков безрасчетного проектирования производственных зданий различного назначения.

Для производственных зданий характерно наличие больших пролетов без промежуточных опор для установки технологического оборудования, а также наличие подъемно-транспортного оборудования для перемещения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, для монтажа и демонтажа производственного оборудования.

Наличие больших пролетов и нагрузок предъявляет повышенные требования к конструкциям покрытий. От выбора материала и конструктивного решения элементов покрытий во многом зависит формирование внутреннего пространства и архитектурного облика здания, что особенно важно для студентов специальности «Архитектура».

Знание конструктивных особенностей различных несущих и ограждающих элементов покрытий производственных зданий позволит более эффективно и качественно выполнять курсовые и дипломные проекты.

Целью данной работы является предоставление студентам материалов для проектирования и изучения раздела «Покрытия» дисциплин «Архитектура» и «Архитектурно-строительные конструкции».

Необходимость в разработке и издании учебно-методического пособия вызвана количественной недостаточностью учебной литературы, т. к. последние по срокам издания учебники выпущены почти 20 лет назад. В пособие включены сведения и материалы по новым конструктивным решениям и разработкам в области архитектурно-строительного проектирования.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ И КОНСТРУКЦИЯХ ПОКРЫТИЙ

Промышленные здания предназначены для осуществления в них какого-либо производственного процесса, требующего значительного пространства без промежуточных опор для установки технологического оборудования, наличия подъемно-транспортного оборудования для перемещения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции.

Современные производства размещаются в многоэтажных и одноэтажных зданиях, схемы и конструкции которых достаточно многообразны. По числу пролетов одноэтажные здания подразделяются на однопролетные и многопролетные (с пролетами одинаковой и разной высоты). В настоящее время строится больше многопролетных (с числом пролетов два и более) зданий.

Так как многие производственные здания характеризуются большими пролетами, большой высотой помещений и высоким уровнем статических и динамических нагрузок, их чаще всего проектируют **каркасными**. В этом случае имеет место четкое деление конструкций на несущие и ограждающие, а следовательно, и более рациональное использование строительных материалов.

**Каркас** – это комплекс несущих конструкций, воспринимающий и передающий на фундаменты все нагрузки:

- вес ограждающих конструкций и технологического оборудования;
- атмосферные нагрузки и воздействия;
- нагрузки от внутрицехового транспорта (мостовые, подвесные, консольные краны);
- температурные и технологические воздействия и т. п.

Элементы каркаса могут выполняться из железобетона, стали, дерева и различных комбинаций этих материалов. Например, смешанный каркас предполагает выполнение части конструкций из железобетона, а части – из металла. Использование тех или иных материалов определяется в каждом конкретном случае в зависимости от характера технологического процесса, температурно-влажностного режима, наличия агрессивной среды, величины и характера действующих нагрузок, размеров пролетов и шагов колонн, высоты здания, местных условий строительства и других факторов.

**Железобетон** получил широкое распространение в конструкциях промышленных зданий благодаря высокой прочности, долговечности, огнестойкости, стойкости к атмосферным воздействиям, возможности использования местного сырья (песок, гравий), возможности получения конструкций разнообразной формы, сравнительно небольшим эксплуатационным расходам.

К числу недостатков следует отнести большую объемную массу, высокую тепло- и звукопроводность, значительные температурные деформации, необходимость выдержки для набора прочности, появление трещин



вследствие усадки и воздействия нагрузок, трудоемкость выполнения усиления или переделок, невозможность утилизации при достижении морального или физического износа, вероятность неожиданного хрупкого разрушения, например, при неравномерных деформациях основания.

Основные достоинства **металлических конструкций** – надежность, легкость, непроницаемость, быстрота изготовления и монтажа, возможность ведения работ в любое время года, простота технического перевооружения, ремонта и реконструкции. Все это позволяет в быстрые сроки возводить надежные здания различной конфигурации, в том числе большепролетные. Недостатками являются подверженность коррозии, снижение несущей способности при воздействии высоких и низких температур.

В последние годы все большее применение, особенно в покрытиях большепролетных зданий, получают **деревянные конструкции**. Древесина является возобновляемым, экологически чистым строительным материалом, утилизация которого не наносит ощутимого вреда природе. Важными преимуществами древесины являются: легкость (в 5 раз легче бетона); высокая относительная прочность при сжатии и изгибе (сопоставима с металлом); высокие теплоизоляционные свойства (в 16 раз выше, чем у бетона); незначительный коэффициент линейного температурного расширения (нет необходимости в устройстве температурных швов); высокая химическая стойкость в большинстве агрессивных сред; хорошая работа при знакопеременных и динамических нагрузках; немагнитность и радиопрозрачность; высокие акустические свойства; пластичность (возможность получения криволинейных конструкций).

Основные недостатки древесины – опасность загнивания, возгорания и повреждения древоточцами, анизотропия строения, изменение физико-механических свойств с изменением влажности (усушка, разбухание). Указанные недостатки могут быть устранены современными способами защиты древесины, а также соблюдением технологических требований на стадии изготовления, транспортировки, монтажа и эксплуатации.

В систему каркаса здания входят **вертикальные элементы** (колонны, вертикальные связи жесткости, диафрагмы и стволы жесткости) и **горизонтальные элементы** (конструкции перекрытий и покрытий, подкрановые балки и горизонтальные связи). Остальные конструктивные элементы, независимо от их расположения и функционального назначения, относятся к второстепенным. Их фактическое участие в работе каркаса здания обычно не учитывается, хотя их влияние на общую жесткость каркаса в некоторых случаях может оказаться существенным.

Преобладающим видом промышленных зданий являются одноэтажные (примерно 64 % всех промышленных зданий). Это объясняется требованиями технологии, возможностью передачи нагрузок от тяжелого оборудования непосредственно на грунт, сравнительной простотой и экономичностью их возведения.

**Каркас одноэтажного производственного здания** представляет собой пространственную систему, состоящую из колонн, конструкций покрытия, подкрановых конструкций, связей и других элементов, совместная работа которых обеспечивает пространственную жесткость и неизменяемость каркаса при действии нагрузок.

Характер работы каркаса здания в значительной степени определяется конструкциями **покрытия**. В общем случае конструкция покрытия включает несущую часть (несущие конструкции покрытия), несуще-ограждающую часть (несуще-ограждающие конструкции покрытия) и ограждающую часть (кровлю).

Несущие конструкции покрытия, работающие в одной плоскости (балки, фермы, арки с затяжками), называют **плоскостными** (рис. 1.1), а работающие в нескольких направлениях – **пространственными**. В зависимости от наличия или отсутствия распора (горизонтального усилия, передаваемого на вертикальные несущие элементы здания или непосредственно на фундамент) их делят на распорные (арки без затяжек, рамы, оболочки и др.) и безраспорные (балки, фермы, арки с затяжками, перекрестно-стержневые системы и др.).

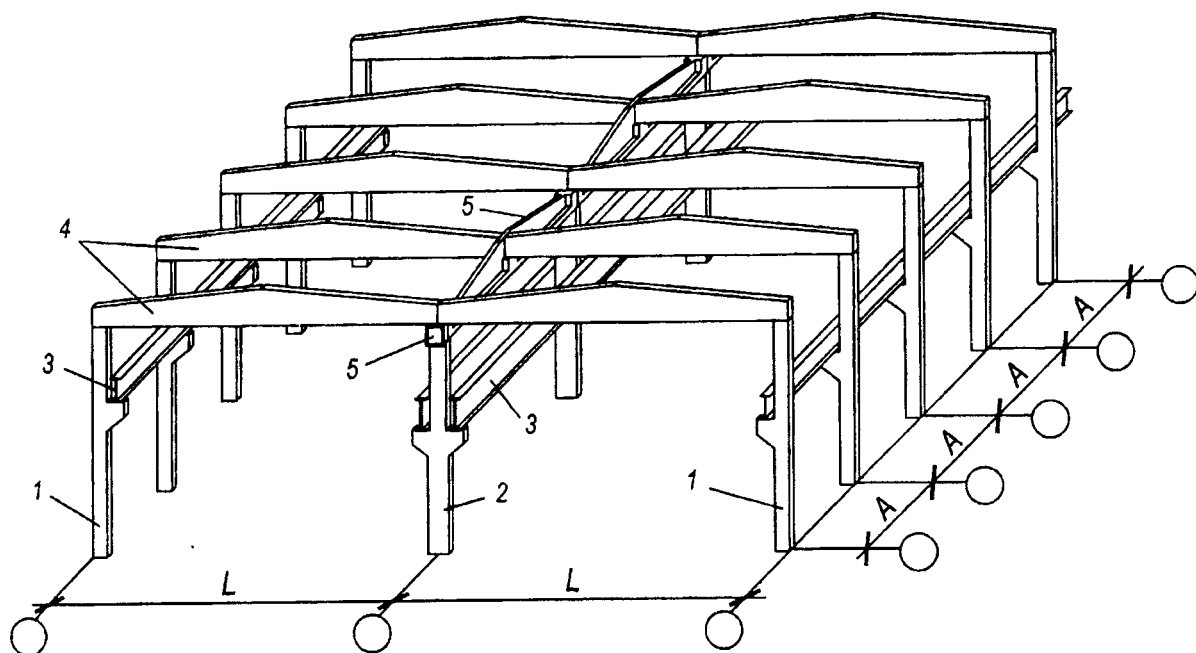


Рис. 1.1. Несущий остов здания с плоскостными конструкциями покрытия:  
1 – крайняя колонна; 2 – средняя колонна; 3 – подкрановая балка; 4 – стропильная балка;  
5 – подстропильная балка

Основой каркаса здания с плоскостными конструкциями покрытия являются одно- или многопролетные **поперечные рамы**, воспринимающие все вертикальные и поперечные горизонтальные нагрузки, действующие на здание.

Чаще всего используется схема каркаса, при которой колонны, жестко закрепленные в фундаменте, и ригели (стропильные балки или фермы), со-

единенные с колоннами шарнирно, образуют двухшарнирную поперечную раму (рис. 1.2, б, в).

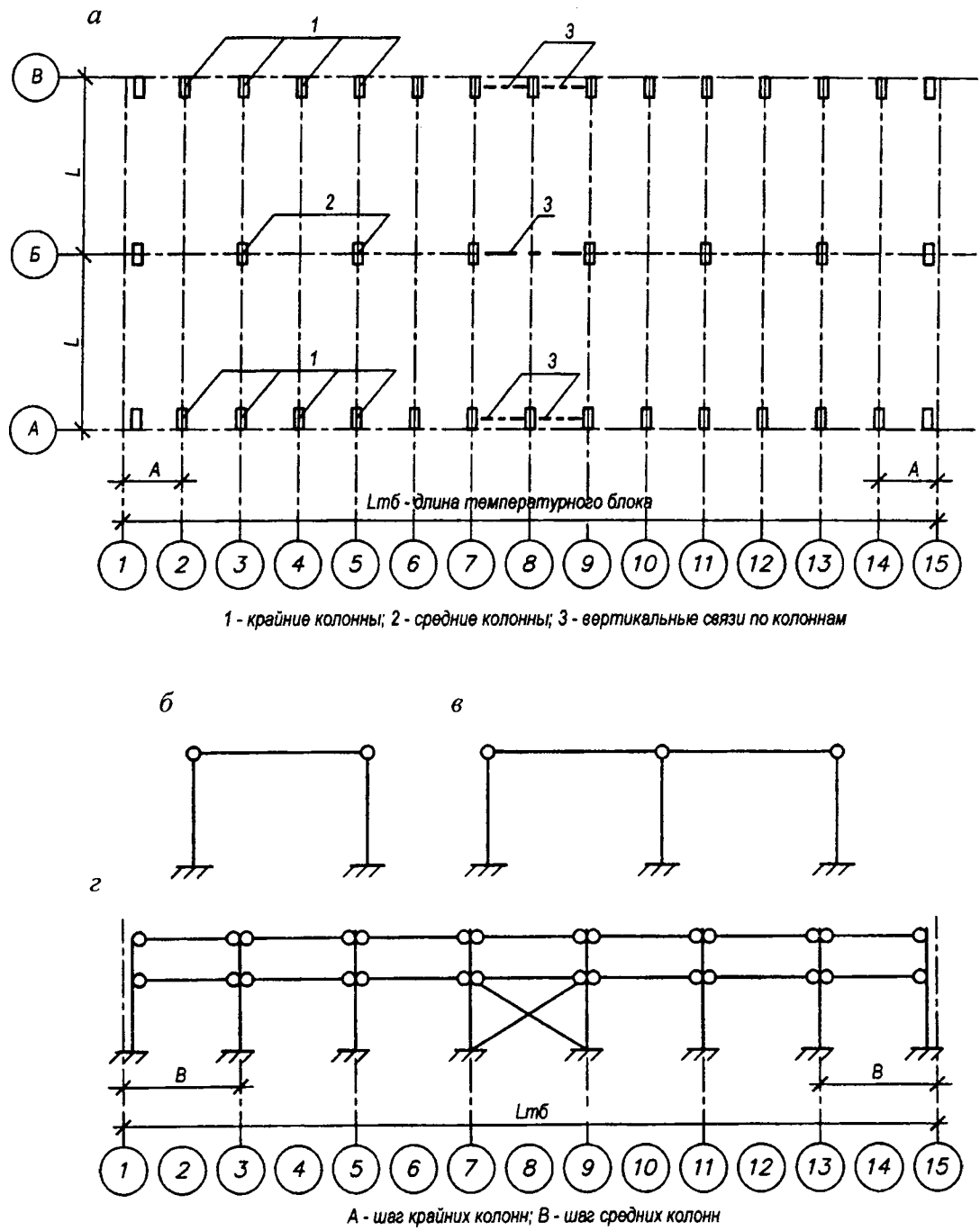


Рис. 1.2. Конструктивная схема каркаса одноэтажного промышленного здания:

а – схема размещения колонн; б – схема однопролетной двухшарнирной поперечной рамы; в – схема двухпролетной поперечной рамы; г – схема продольной рамы

Такая схема характерна для зданий как с железобетонным, так и с металлическим каркасом. Шарнирное сопряжение ригеля и колонн упрощает проектирование здания с использованием типовых конструкций, обеспечивает взаимозаменяемость и простоту монтажа конструкций покрытия.

В ~~продольном~~ направлении рамы связаны подкрановыми балками, ~~матричными~~ фермами, жестким диском покрытия и, в необходимых ~~случах~~ стальными связями. Продольные рамы воспринимают нагрузки от ~~продольного~~ торможения кранов и от ветра, действующего на торцы здания и светоаэрационных фонарей (рис. 1.2, з).

Несколько реже применяется двухшарнирная схема с шарнирным сопряжением колонн с фундаментом (рис. 1.3, а). Ее часто используют в зданиях с металлическими и клеелесовыми рамными конструкциями. Такая статическая схема позволяет существенно уменьшить нагрузки на фундаменты, а также практически исключить влияние осадок опор и неточностей изготовления и монтажа на работу рам из сварных балок.

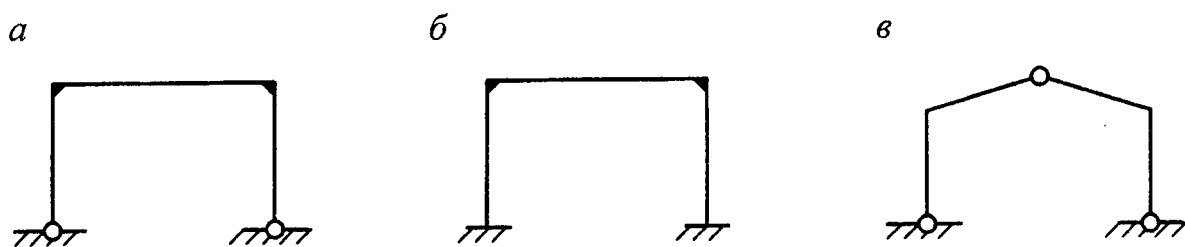


Рис. 1.3. Схемы поперечных рам одноэтажных промышленных зданий:

а – двухшарнирная с шарнирным сопряжением колонн с фундаментом;

б – бесшарнирная; в – трехшарнирная

В зданиях с цельнометаллическим каркасом может применяться бесшарнирная схема поперечной рамы (рис. 1.3, б). Жесткое соединение всех элементов между собой позволяет снизить расход металла, однако такие конструкции сложнее в изготовлении и более чувствительны к изменению температуры и неравномерным осадкам фундаментов.

В зданиях с несущими конструкциями из клееной древесины широкое применение получили также трехшарнирные поперечные рамы с шарнирными опорными и коньковым узлами (рис. 1.3, в). Сопряжение ригеля со стойкой (карнизный узел) в этом случае выполняется жестким. Шарнирные сопряжения элементов рам выполняются достаточно просто, а деформации основания не оказывают существенного влияния на работу конструкций.

Наряду с плоскими несущими конструкциями покрытий в одноэтажных промышленных зданиях широкое применение находят пространственные конструкции (оболочки, своды, структуры и др.). В этом случае конструкции покрытия опираются на колонны в углах, а продольные рамы имеют конструктивное решение, аналогичное поперечным рамам каркаса.

Несущие элементы многоэтажных каркасных зданий образуют многоэтажные рамы различного типа в зависимости от способа соединения вертикальных и горизонтальных элементов, а также наличия вертикальных связей и диафрагм жесткости.

Конструктивная схема таких зданий аналогична схемам многоэтажных гражданских зданий.

## 2. ПЛОСКОСТНЫЕ БЕЗРАСПОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

### 2.1. Общие сведения

Плоскостные безраспорные конструкции покрытия, называемые **стропильными конструкциями**, имеют длину, равную ширине пролета здания, и устанавливаются по длине здания с определенным шагом, называемым **шагом стропильных конструкций**. При шаге стропильных конструкций, равном шагу колонн, стропильные балки или фермы опирают на колонны каркаса. В тех случаях, когда шаг стропильных конструкций меньше шага колонн, стропильные фермы или балки в промежутках между колоннами опирают на установленные в продольном направлении **подстропильные конструкции** в виде балок или ферм (см. рис. 1.1).

**Балки** являются сплошными изгибаемыми безраспорными конструкциями. Это наиболее простые несущие конструкции покрытия, часто применяемые для перекрытия сравнительно небольших пролетов. Балки могут иметь различное очертание (рис. 2.1) и различное сечение в зависимости от применяемых материалов, величины перекрываемого пролета, эстетических требований и т. д.

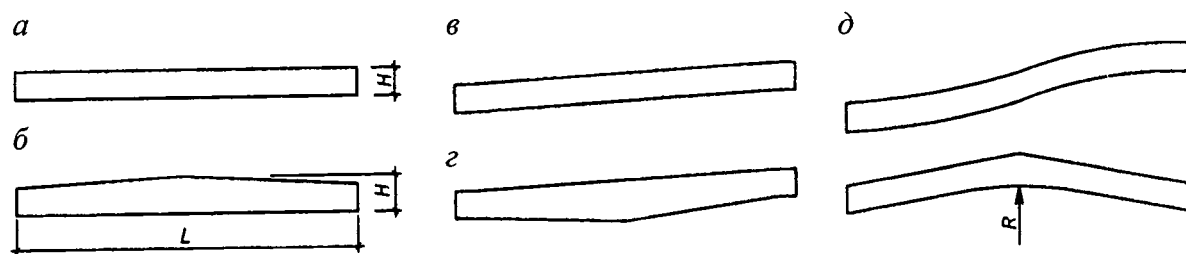


Рис. 2.1. Балки покрытия:

а – горизонтальная; б – двускатная; в, г – односкатные; д – криволинейные

**Фермы.** В покрытиях промышленных зданий применяют главным образом балочные фермы. Это также изгибаемые безраспорные конструкции, которые, в отличие от балок, являются решетчатыми (сквозными) конструкциями. Основные элементы ферм – пояса, образующие контур ферм, и решетка, состоящая из раскосов (диагональных элементов) и стоек (вертикальных элементов), расположенных в одной плоскости.

Соединение стержней в узлах чаще всего принимается шарнирным, т. е. в случае узловой передачи нагрузок на ферму все ее элементы работают только на осевые усилия (растяжение и сжатие). Такая работа материала более эффективна, следовательно, фермы более экономичны по расходу материала, чем балки. С другой стороны, они более трудоемки в изготовлении и их целесообразно использовать при пролетах не менее 18 м, т. к. с увеличением перекрываемых пролетов и уменьшением нагрузки эффективность ферм по сравнению с балками растет.

В зависимости от назначения, архитектурных требований и схемы приложения нагрузок фермы могут иметь самую разнообразную конструк-

тивную форму (рис. 2.2). Очертание поясов ферм в значительной степени определяет их экономичность. С этой точки зрения наиболее целесообразны фермы сегментного очертания, однако криволинейное очертание пояса во многих случаях (например, в металлических фермах) существенно повышает трудоемкость изготовления.

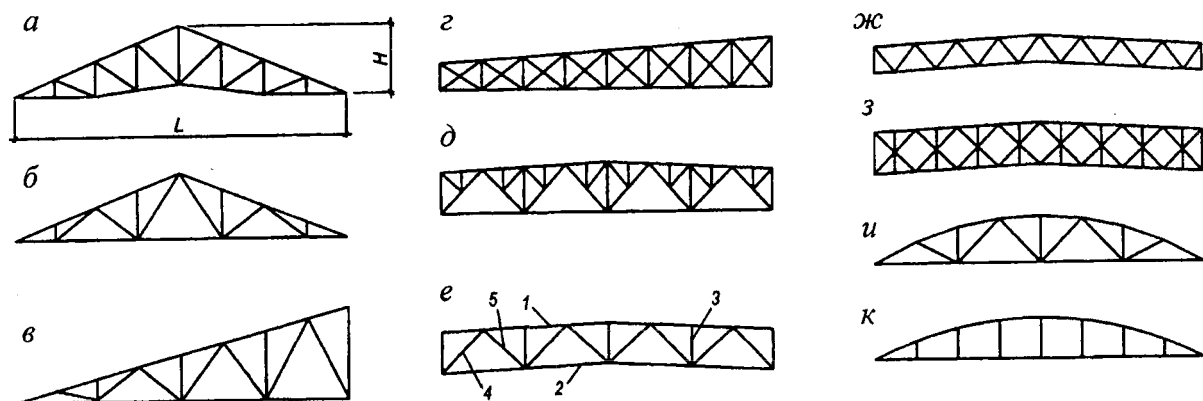


Рис. 2.2. Геометрические схемы ферм и типы решеток:

*а, б, в* – треугольные с треугольными решетками; *г* – трапециевидальная с крестовой решеткой; *д* – трапециевидальная с треугольной шпренгельной решеткой; *е, ж* – с параллельными поясами с треугольными решетками: *1* – верхний пояс фермы; *2* – нижний пояс фермы; *3* – стойка; *4* – восходящий раскос; *5* – нисходящий раскос; *з* – с параллельными поясами с ромбической решеткой; *и* – полигональная с треугольной решеткой; *к* – сегментная безраскосная

В некоторых случаях, особенно для перекрытия больших пролетов, могут применяться полигональные фермы с переломом в каждом узле.

Фермы трапециевидального очертания несколько проигрывают по расходу материала, но имеют конструктивные преимущества за счет упрощения узлов.

Фермы с параллельными поясами наименее экономичны по расходу материала, однако равные длины элементов решетки, одинаковая схема узлов и повторяемость элементов и деталей делают их наиболее часто применяемыми в конструкциях покрытий.

Фермы треугольного очертания рациональны для консольных систем, для балочных систем при сосредоточенной нагрузке в середине пролета (подстропильные фермы), а также при необходимости устройства скатных покрытий (более 20 %) или для создания одностороннего освещения (шедовые покрытия).

Выбор типа решетки зависит от схемы приложения нагрузок, очертания поясов, габаритов фермы, конструктивных требований. Например, шпренгельную решетку применяют при внеузловом приложении сосредоточенной нагрузки к верхнему поясу, а ромбическая решетка обладает повышенной жесткостью и наиболее целесообразна при большой высоте ферм.

Плоские фермы могут воспринимать нагрузку, действующую только в их плоскости, и нуждаются в закреплении из плоскости другими элементами (например, плитами покрытий) или (и) связями.

В качестве несуще-ограждающих конструкций покрытия могут применяться железобетонные плиты, стальной или алюминиевый профилированный настил или панели с его применением, другие небетонные материалы. Несуще-ограждающие конструкции покрытия могут иметь прогонное или беспрогонное решение.

Более простое **беспрогонное** решение используют в тех случаях, когда имеется возможность опирать несуще-ограждающие конструкции непосредственно на несущие конструкции покрытий, например при использовании в покрытии крупноразмерных железобетонных ребристых плит (рис. 2.3, а).

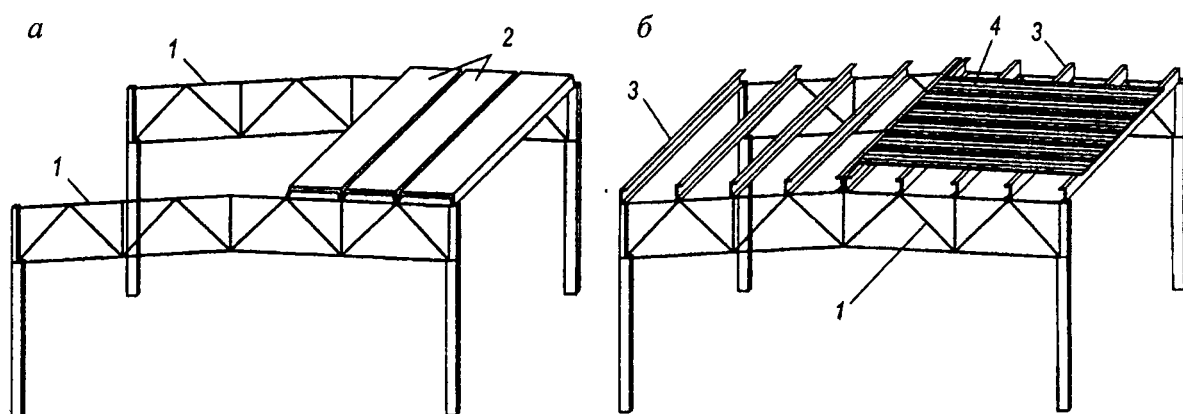


Рис. 2.3. Несуще-ограждающие конструкции покрытий:

а – беспрогонное решение; б – прогонное решение:

1 – стропильная ферма; 2 – железобетонные плиты покрытия;

3 – прогоны покрытия; 4 – профилированный настил

**Прогонное** решение чаще всего применяют в зданиях с несуще-ограждающими конструкциями с использованием легких небетонных материалов (например, профилированного настила), когда расстояние между несущими элементами покрытия больше максимального, при котором обеспечивается несущая способность используемых несуще-ограждающих элементов (рис. 2.3, б).

## 2.2. Металлические плоскостные безраспорные конструкции

**Металлические балки.** В зависимости от типа сечения стальные балки могут быть прокатными (из двутавров или швеллеров) и составными.

Лучшую технико-экономическую эффективность и меньшую металлоемкость имеют двутавровые балки, которые состоят из двух поясов (верхнего и нижнего) и тонкой стенки. Толщина стенки балки серьезно влияет на ее экономическую эффективность.

**Прокатные балки** (рис. 2.4, а, б) применяют для перекрытия сравнительно небольших пролетов, т. к. в сортаменте производимого стандартного профиля отсутствуют балки больших сечений. Максимальная высота двутавров по ГОСТ 8239–89 с уклоном внутренних граней полок 6–12 % составляет 600 мм, а двутавров с параллельными гранями полок – 1000 мм.

Геометрические размеры поперечных сечений наиболее часто применяемых в покрытиях прокатных двутавровых балок с параллельными гранями полков приведены в табл. 2.1.

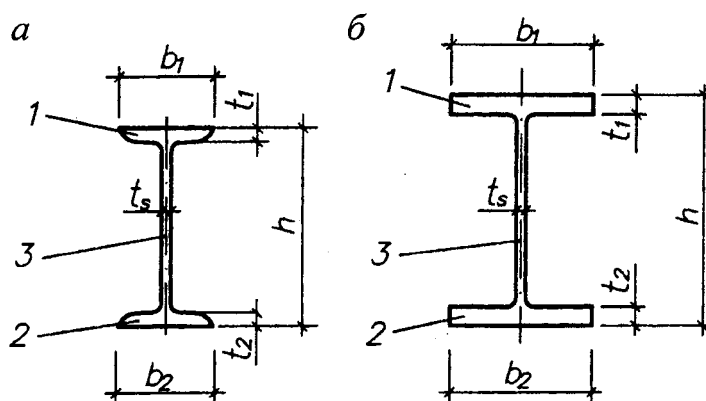


Рис. 2.4. Двутавровые балки:  
 а – прокатные обычные; б – прокатные широкополочные  
 (с параллельными гранями полков):  
 1 – верхний пояс; 2 – нижний пояс; 3 – стенка

Прокатные балки имеют завышенную толщину стенок, что определяется технологическими возможностями завода-изготовителя прокатного профиля. Увеличенная толщина стенки позволяет обходиться минимальным количеством ребер жесткости (только в наиболее нагруженных зонах), а отсутствие сварных швов в местах соединения поясов со стенкой повышает надежность прокатных балок.

Таким образом, прокатные балки являются более металлоемкими и менее экономичными конструкциями по сравнению с составными. В то же время они менее трудоемки в изготовлении, более надежны в эксплуатации и широко применяются в конструкциях промышленных зданий, когда несущей способности прокатных профилей достаточно для обеспечения их надежной работы.

Таблица 2.1

Балки двутавровые горячекатаные с параллельными гранями полков  
 (по ГОСТ 26020–83)

Обозначение балки	Размеры, мм				Обозначение балки	Размеры, мм			
	$h$	$b$	$t_s$	$t_{1,2}$		$h$	$b$	$t_s$	$t_{1,2}$
45Б1	443	180	7,8	11,0	70Б2	697	260	12,5	18,5
45Б2	447	180	8,4	13,0	80Б1	791	280	13,5	17,0
50Б1	492	200	8,8	12,0	80Б2	798	280	14,0	20,5
50Б2	496	200	9,2	14,0	90Б1	893	300	15,0	18,5
55Б1	543	220	9,5	13,5	90Б2	900	300	15,5	22,0
55Б2	547	220	10,0	15,5	100Б1	990	320	16,0	21,0
60Б1	593	230	10,5	15,5	100Б2	998	320	17,0	25,0
60Б2	597	230	11,0	17,5	100Б3	1006	320	18,0	29,0
70Б1	691	260	12,0	15,5	100Б4	1013	320	19,5	32,5



В тех случаях, когда требуются конструкции, жесткость и несущая способность которых превышает возможности прокатных профилей, используют **составные балки**. Они могут быть сварными и клепаными. Клепанные балки хорошо работают на динамические нагрузки, но более металлоемки и трудоемки в изготовлении и применяются редко.

В покрытиях промышленных зданий наиболее широкое применение получили сварные балки двутаврового симметричного сечения (рис. 2.5). В таких балках для обеспечения устойчивости стенок устанавливают ребра жесткости на расстоянии  $(1,0-2,0) h_{ст}$ .

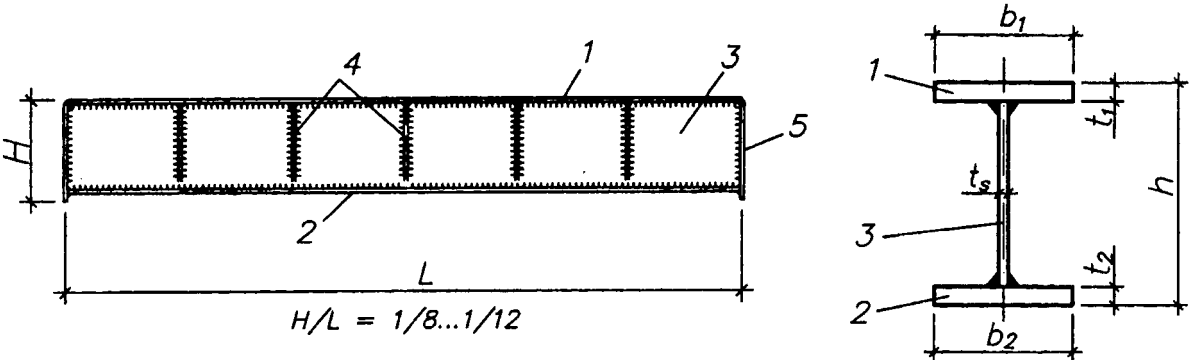


Рис. 2.5. Сварные двутавровые балки:  
1 – верхний пояс балки; 2 – нижний пояс балки; 3 – стенка;  
4 – вертикальные ребра жесткости; 5 – опорное ребро

Сварные балки могут применяться в качестве стропильных и подстропильных конструкций пролетом от 12 до 36 м. В табл. 2.2 приведены геометрические размеры сечения некоторых стандартных сварных двутавров.

Таблица 2.2

Сварные широкополочные двутавры

Обозначение балки	Размеры, мм				Обозначение балки	Размеры, мм			
	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>t<sub>s</sub></i>	<i>t<sub>1,2</sub></i>		<i>h</i>	<i>b</i>	<i>t<sub>s</sub></i>	<i>t<sub>1,2</sub></i>
50БС1	482	200	10	16	90БС1	895	300	16	20
50БС2	482	300	12	16	90БС2	927	300	16	36
55БС1	551	220	10	18	100БС1	995	320	16	25
55БС2	547	200	10	16	100БС2	1005	320	16	30
60БС2	585	240	12	20	100БС3	1017	320	20	36
60БС3	585	320	12	20	120БС1	1280	400	12	20
70БС1	685	260	12	20	120БС2	1280	450	14	20
70БС5	725	320	20	40	140БС1	1440	400	12	20
80БС1	791	280	14	18	140БС2	1440	450	12	20
80БС2	815	300	18	30	140БС3	1450	500	14	25

**Балки с гофрированной стенкой (гофробалки).** В значительной степени снизить металлоемкость балок позволяет применение балок с гофрированными стенками (рис. 2.6). Гофрирование позволяет повысить ус-

тойчивость стенки при минимальном количестве ребер жесткости. Толщину гофрированных стенок принимают в пределах 2–8 мм.

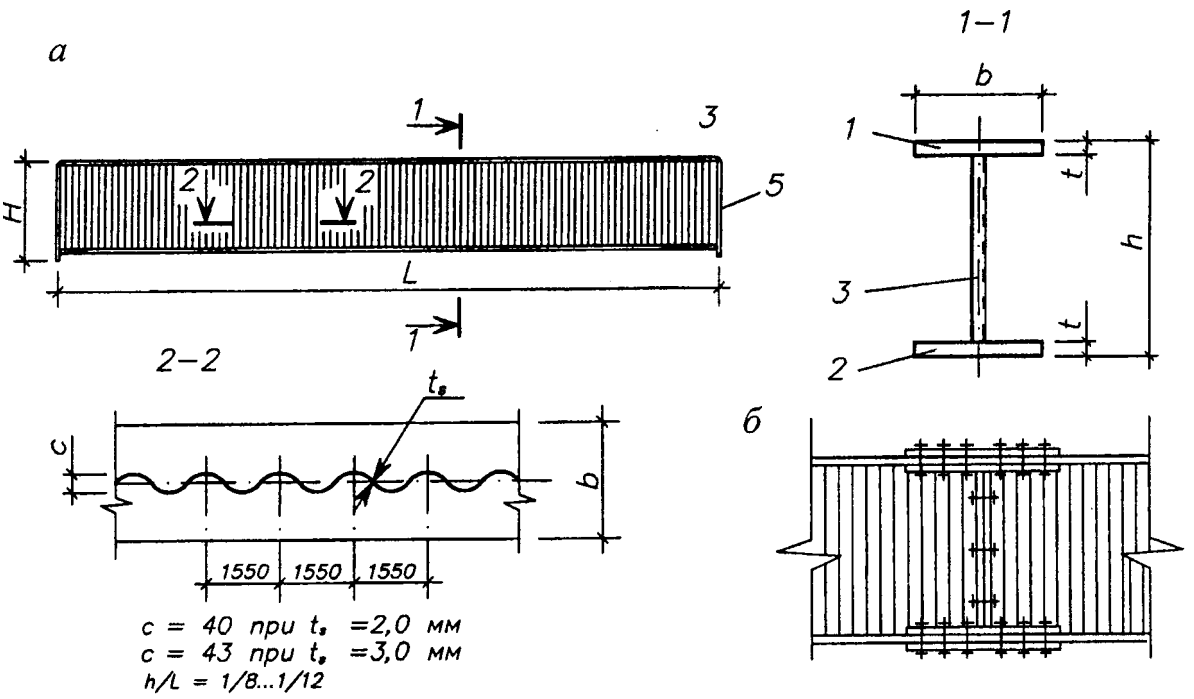


Рис. 2.6. Балки с гофрированной стенкой:  
а – общий вид балки; б – стык фрагментов балок по длине

Несмотря на необходимость гофрирования и более сложную сварку поясных швов, балки с гофрированной стенкой имеют меньший расход металла и трудоемкость изготовления (на 15–25 %) благодаря уменьшению толщины стенки и исключению значительного числа ребер жесткости.

В табл. 2.3 приведены параметры балок с гофрированной стенкой, применяемых в покрытиях одноэтажных промышленных зданий.

Таблица 2.3

Габаритные размеры балок с гофрированной стенкой

Высота стенки балки <i>h</i> , мм	Ширина полки балки <i>b</i> , мм	Толщина стенки балки <i>t<sub>s</sub></i> , мм	Толщина полки балки <i>t</i> , мм	Длина балки <i>L</i> , мм
333, 500, 625, 750, 1000, 1250, 1500	160–400	2; 2,5; 3	8–30	До 16 000

В пределах габаритных размеров, приведенных в таблице, сварные двутавры могут иметь произвольное поперечное сечение, обоснованное проектными расчетами.

Высота балки ориентировочно принимается  $1/15$ – $1/25$  перекрываемого пролета.

Балки с гофрированной стенкой можно успешно применять для перекрытия пролетов величиной 12–30 м. Конструкция стыка фрагментов гофрированных балок по длине приведена на рис. 2.6, б. По индивидуальным заказам возможно изготовление балок с гофрированной стенкой длиной до 80 м.

**Балки с перфорированной стенкой.** Одним из прогрессивных направлений повышения эффективности двутавровых прокатных профилей является создание балок с перфорированной стенкой (рис. 2.7). Такие балки образуются путем разрезки стенки двутавра по зигзагообразной линии с последующей раздвижкой и сваркой встык частей двутавров по выступам стенки. Полученные таким образом сквозные двутавры имеют высоту и, следовательно, несущую способность, превышающие в 1,3–1,5 раза исходные прокатные двутавры (рис. 2.7, а).

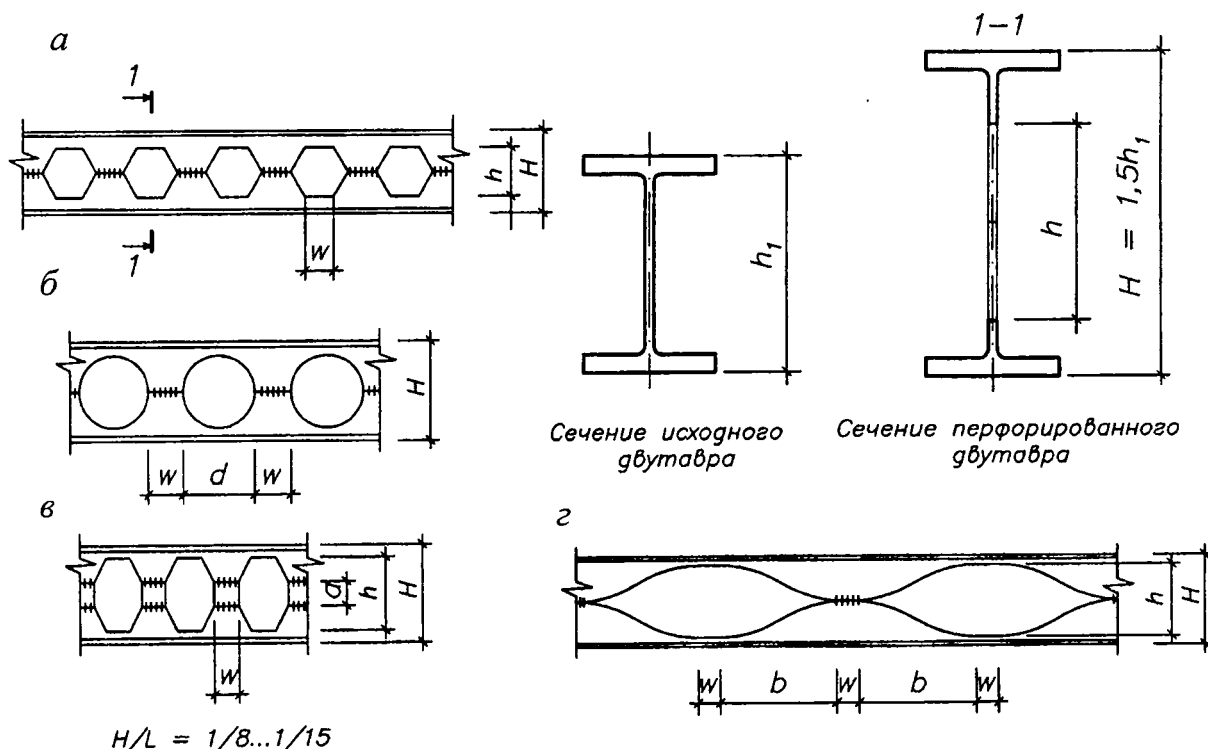


Рис. 2.7. Перфорированные двутавры:

а – с шестигранными отверстиями; б – с круглыми отверстиями;  
в – с восьмигранными отверстиями; г – с синусоидальными отверстиями

Балки с перфорированной стенкой получили широкое применение в качестве несущих конструкций покрытий и в ряде случаев составляют конкуренцию решетчатым конструкциям. В табл. 2.4–2.7 приведены размеры некоторых перфорированных двутавров, применяемых в Европе.

Возможно изготовление одно- и двускатных балок с уклоном как верхнего, так и нижнего пояса.

Таблица 2.4

Размеры перфорированных двутавров  
с шестигранными отверстиями, мм

$H$	$h$	$w$	$H$	$h$	$w$	$H$	$h$	$w$	$H$	$h$	$w$
420	280	140	708	472	236	1005	670	335	1455	970	485
510	340	170	750	500	250	1050	700	350	1500	1000	500
600	400	200	825	550	275	1200	800	400	1560	1040	520
660	440	220	900	600	300	1305	870	435	1650	1100	550

Таблица 2.5

Размеры перфорированных двутавров  
с круглыми отверстиями, мм

$H$	$d$	$w$	$H$	$d$	$w$	$H$	$d$	$w$	$H$	$d$	$w$
290,4	210	52,5	491,2	350	87,5	677,7	475	118,75	906,7	630	157,5
320,1	230	57,5	535,7	380	95	751,9	525	131,25	1127,2	790	197,5
401,3	280	70	599,1	420	105	822,5	580	145	1144,2	790	197,5

Таблица 2.6

Размеры перфорированных двутавров  
с синусоидальными отверстиями, мм

$H$	$h$	$b$	$w$	$H$	$h$	$b$	$w$	$H$	$h$	$b$	$w$
387	274	526	250	938	796	1275	250	1600	1460	2174,8	250
451	336	613	250	1046	892	1421,7	250	1668	1460	2267,2	250
533	406	724,5	250	1144	988	1555	250	1798	1656	2443,9	250
648	516	880,8	250	1232	1084	1688,2	250	1854	1656	2520	250
729	608	990,9	250	1404	1268	1908,3	250	1920	1656	2609,7	250
840	700	1141,7	250	1476	1268	2006,2	250	2066	1806	2808,2	250

Размеры перфорированных двутавров  
с восьмигранными отверстиями, мм

<i>H</i>	<i>h</i>	<i>w</i>	<i>a</i>	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>w</i>	<i>a</i>	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>w</i>	<i>a</i>
500	375	125	125	900	675	225	225	1488	1116	372	372
560	420	140	140	1000	750	250	250	1600	1200	400	400
600	450	150	150	1100	825	275	275	1684	1263	421	421
640	480	160	160	1200	900	300	300	1800	1350	450	450
700	525	175	175	1300	975	325	325	2000	1500	500	500
800	600	200	200	1400	1050	350	350	2200	1650	550	550

Расход металла в таких балках на 20–30 % меньше, чем в обычных прокатных, при одновременном снижении стоимости на 10–18 %.

Для усиления стенки под большими сосредоточенными грузами и у опор балки ставят поперечные либо торцевые опорные ребра.

**Металлические фермы** могут выполняться разнообразного очертания, с поясами из различных профилей и с различной решеткой (см. рис. 2.2). Типовые стальные фермы перекрывают пролет от 18 до 36 м.

Фермы с поясами из **парных уголков** (серия 1.460.2-10), **широкополочных тавров** (серия 1.460-8), **широкополочных двутавров** (серия 1.460.3-15) и **круглых труб** (серия 1.460.3-17) запроектированы с параллельными поясами, имеющими уклон 1,5 %. Фермы пролетом 18 м имеют горизонтальный нижний пояс. Исключение составляют фермы из круглых труб, имеющие горизонтальные пояса. Уклон кровли в этом случае обеспечивается опорными столиками разной высоты, служащими опорой для прогонов.

Шаг стропильных ферм принят 6 или 12 м. Подстропильные фермы из широкополочных тавров, широкополочных двутавров и круглых труб запроектированы треугольного очертания пролетом 12 м. Подстропильные фермы из уголков запроектированы с параллельными поясами пролетами 12, 18 и 24 м.

Опираение стропильных ферм на колонны (железобетонные или металлические) или подстропильные фермы принято шарнирным. Номинальная длина стропильных ферм принята на 400 мм меньше пролета здания. Пояса ферм крепят к опорным стойкам из прокатных или сварных двутавров (в зависимости от величины действующих нагрузок). Высота сечения опорных стоек, расположенных по средним рядам колонн, принята 400 мм, а по крайним рядам колонн – 450 мм (при привязке крайних колонн к оси «250») или 200 мм (при привязке «0»). Крепление опорных сто-

ек к колоннам чаще всего выполняется на монтажной сварке. При металлических колоннах возможно крепление на болтах.

Все стропильные фермы запроектированы из 1–3 отправочных элементов (в зависимости от величины пролета). Расстояние между узлами верхнего пояса принято 3 м. Соединения элементов в узлах осуществляют на сварке либо путем непосредственного примыкания одних элементов к другим, либо через фасонные элементы.

Геометрические схемы стропильных и подстропильных ферм из парных уголков и широкополочных тавров, а также характерные узлы приведены на рис. 2.8–2.9.

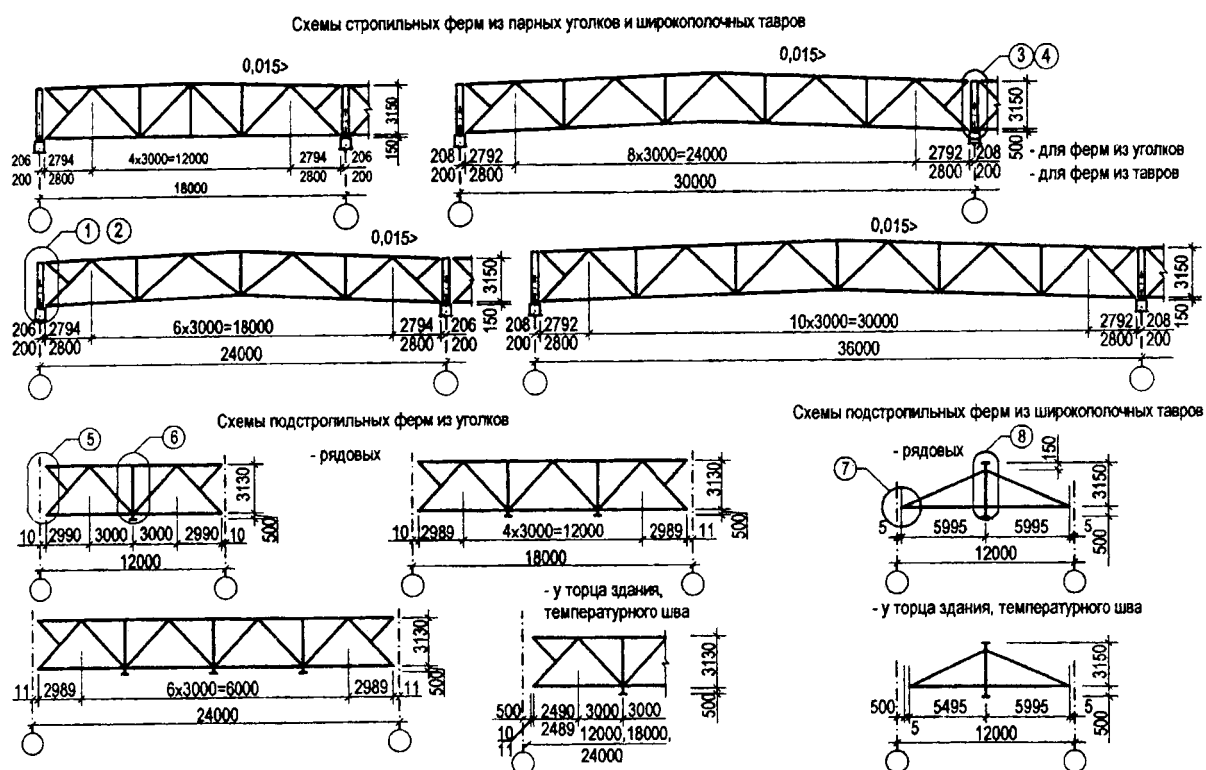


Рис. 2.8. Геометрические схемы стропильных и подстропильных ферм из парных уголков и широкополочных тавров

В зависимости от пролета стропильной фермы из парных уголков (серия 1.460.2-10) и величины действующей нагрузки для элементов верхнего пояса могут применяться уголки  $L 100 \times 8$  –  $L 200 \times 13$ , нижнего пояса  $L 100 \times 6,5$  –  $L 160 \times 16$ , раскосов  $L 75 \times 5$  –  $L 180 \times 11$ , стоек  $L 75 \times 5$  –  $L 100 \times 6,5$ . Верхние пояса подстропильных ферм выполняют из уголков  $L 125 \times 8$  –  $L 250 \times 16$ , нижние пояса из  $L 80 \times 6$  –  $L 160 \times 18$ , раскосы из  $L 75 \times 5$  –  $L 180 \times 12$ , стойки из  $I 36M$ .

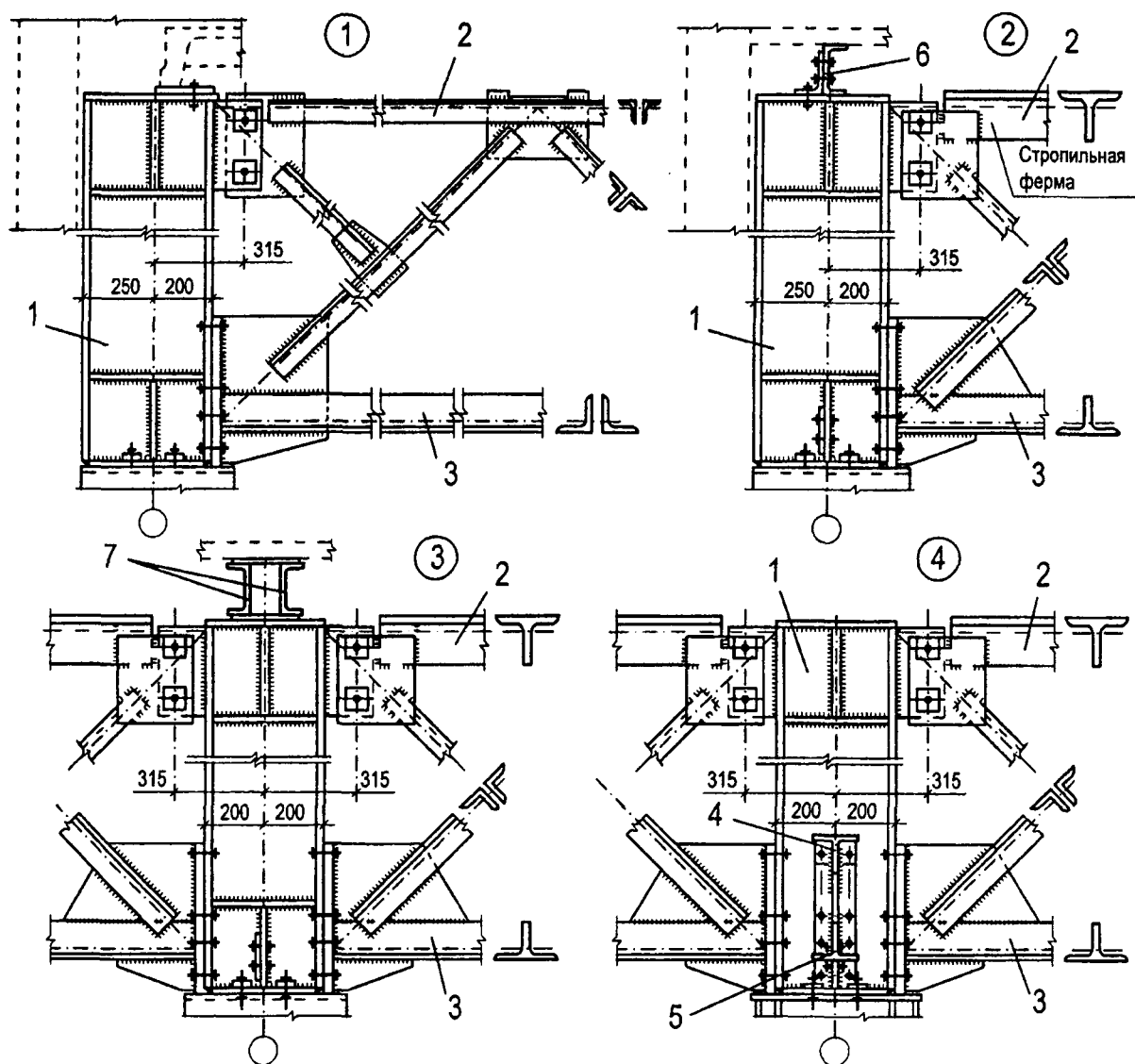


Рис. 2.9. Узлы стропильных ферм из парных уголков и широкополочных тавров (начало):

- 1 – опорная стойка фермы; 2 – верхний пояс стропильной фермы;  
 3 – нижний пояс стропильной фермы; 4 – верхний пояс подстропильной фермы;  
 5 – нижний пояс подстропильной фермы; 6 – прогон сплошной;  
 7 – верхний пояс решетчатого прогона

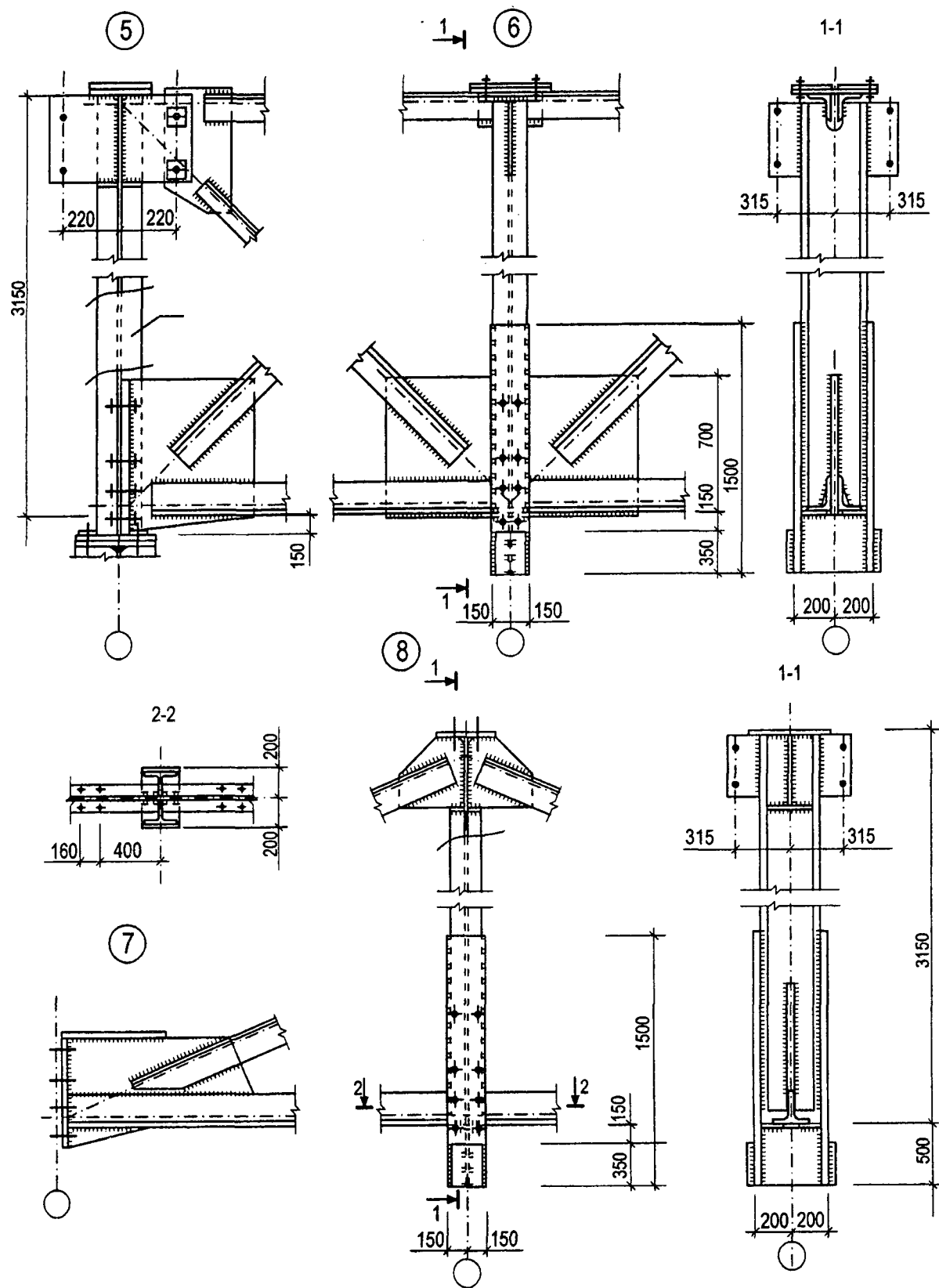


Рис. 2.9. Окончание



Схемы стропильных и подстропильных ферм из широкополочных двутавров даны на рис. 2.10. Узлы стропильных и подстропильных ферм приведены на рис. 2.11.

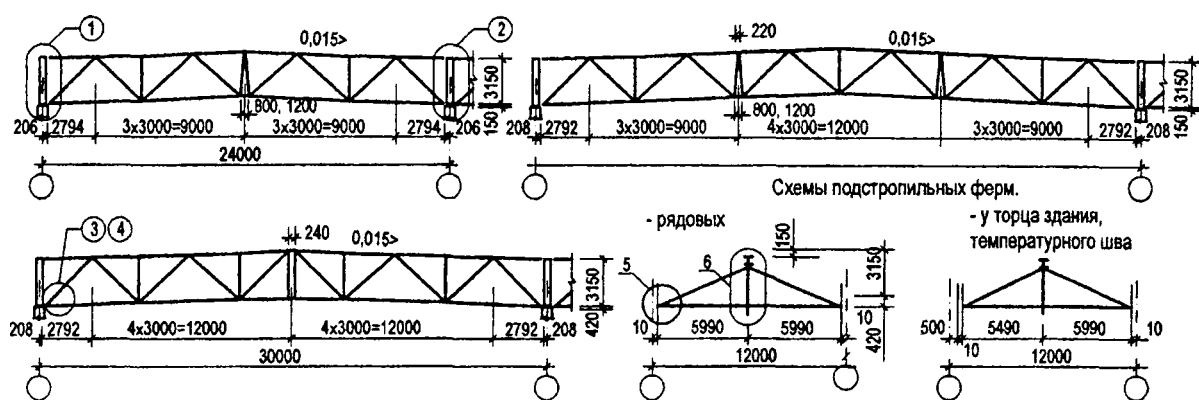


Рис. 2.10. Геометрические схемы ферм из широкополочных двутавров

Пояса стропильных ферм выполняют из прокатных широкополочных двутавров с параллельными гранями полков (I 20K1 – I 30K4). Для раскосов применяют замкнутые прямоугольные профили  $\square 120 \times 3$  –  $\square 180 \times 8$  и двутавры I 20K1 – I 26K1, а для стоек – прямоугольные профили  $\square 100 \times 3$  (4),  $\square 120 \times 80 \times 4$ ,  $\square 120 \times 3$  (4) или  $\square 160 \times 120 \times 6$ .

**Фермы из круглых труб** (серия 1.460.3-17) запроектированы пролетами 18, 24 и 30 м. Расход металла в таких фермах на 20 % меньше, чем у ферм из парных уголков, т. к. трубчатые сечения наиболее рациональны при осевых усилиях, а сопряжение элементов в узлах выполняется без использования фасонки. Благодаря обтекаемой форме и отсутствию щелей и пазух, на них не задерживается влага и грязь, что повышает коррозионную стойкость и позволяет применять фермы из круглых труб в производственных зданиях со средами повышенной агрессивности.

Верхние пояса стропильных ферм выполняют из  $\text{O } 102 \times 4,5$  –  $\text{O } 273 \times 8$ , нижние пояса – из  $\text{O } 127 \times 5,5$  –  $\text{O } 273 \times 8$ , раскосы – из  $\text{O } 102 \times 4,5$  –  $\text{O } 273 \times 6$ , стойки – из  $\text{O } 127 \times 4$  –  $\text{O } 219 \times 5,5$ . Для верхних поясов подстропильных ферм используют круглые трубы  $\text{O } 219 \times 8$  –  $\text{O } 273 \times 8$ , а для нижних –  $\text{O } 219 \times 5$  –  $\text{O } 273 \times 6$ .

Геометрические схемы и узлы ферм из круглых труб приведены на рис. 2.12–2.14.

В качестве несуще-ограждающих конструкций покрытия по рассмотренным фермам применяют стальной оцинкованный профилированный настил или кровельные панели на основе профилированного настила. Для опирания профилированного настила по узлам стропильных ферм устанавливают прогоны (пункт 4.2).

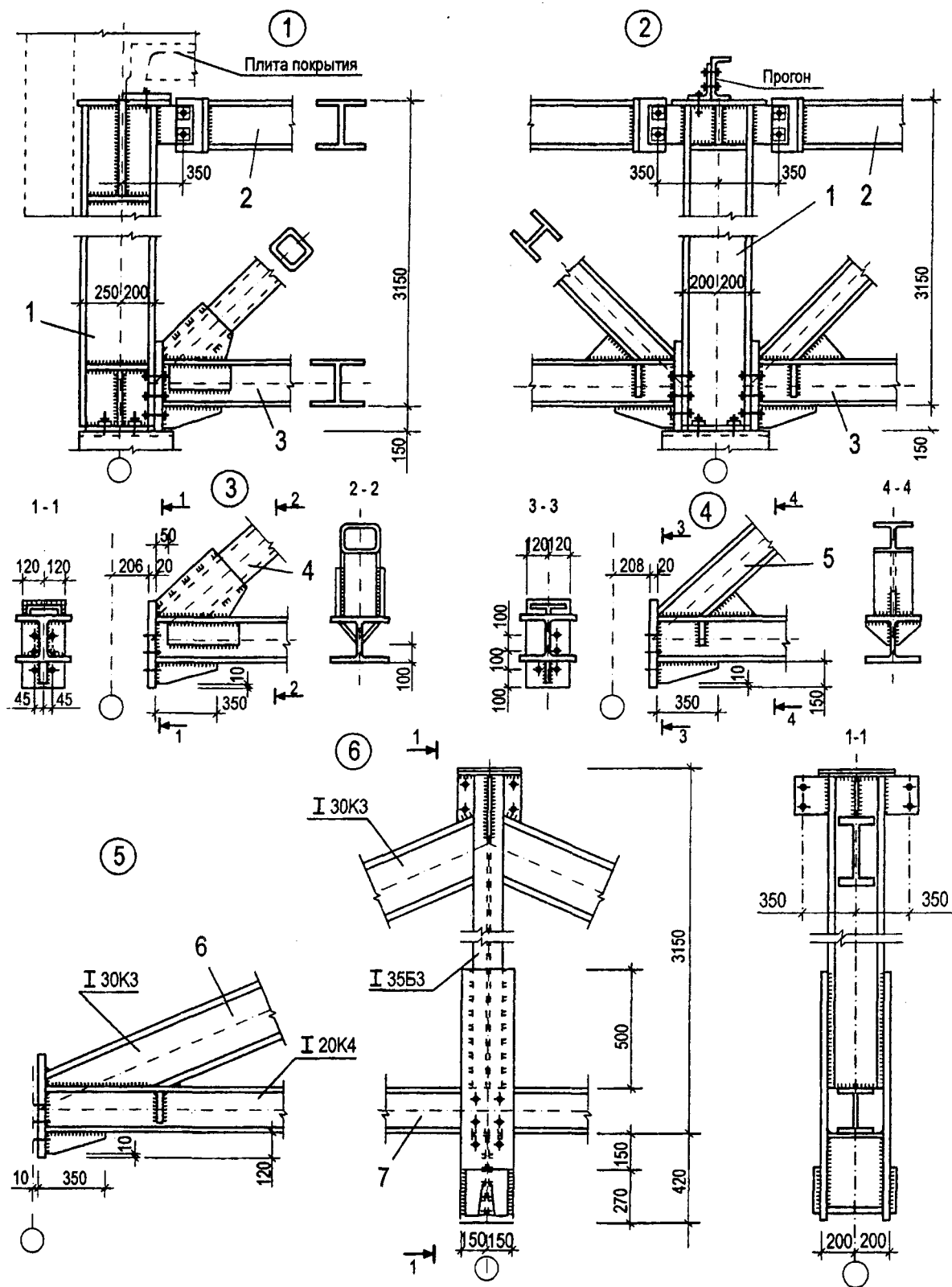


Рис. 2.11. Узлы ферм из широкополочных двутавров:

1 – опорная стойка фермы; 2 – верхний пояс стропильной фермы;

3 – нижний пояс стропильной фермы; 4 – раскос из гнутосварного профиля;

5 – раскос из широкополочного двутавра; 6 – верхний пояс подстропильной фермы;

7 – нижний пояс подстропильной фермы

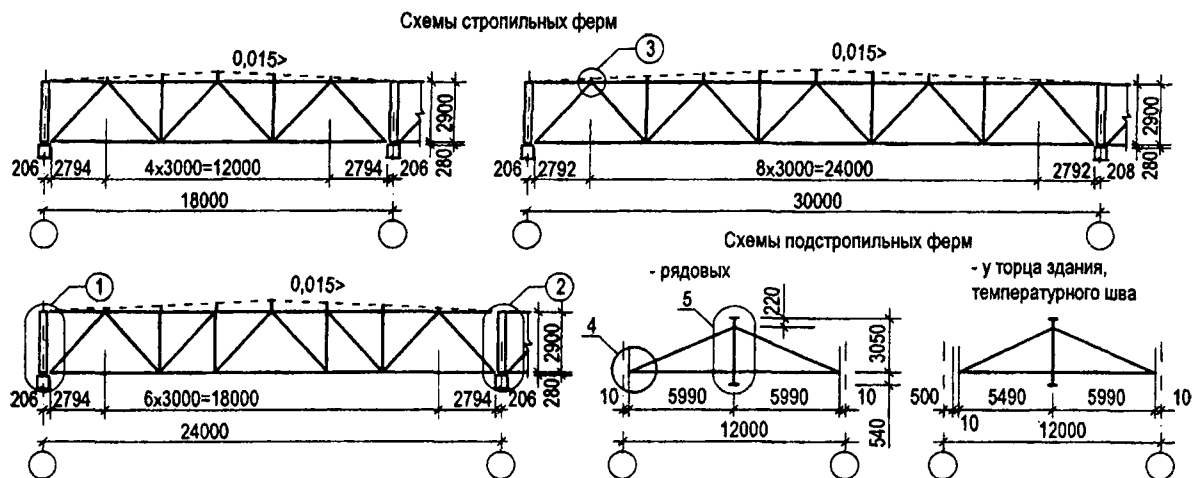


Рис. 2.12. Геометрические схемы ферм из круглых труб

По фермам из уголков и широкополочных двутавров в качестве несущего ограждающих конструкций покрытия могут применяться также железобетонные ребристые плиты пролетом 6 и 12 м (пункт 4.3).

В зданиях с плоскостными стальными конструкциями особое внимание следует уделять обеспечению пространственной жесткости и неизменяемости покрытия. С этой целью в покрытии устраивают систему связей (пункт 5.2).

В последние годы все более широкое применение в строительстве находят конструкции из замкнутых прямоугольных профилей. Это обусловлено хорошими физико-механическими характеристиками профилей, простотой и надежностью узловых соединений, более простым нанесением противопожарных и антикоррозионных покрытий, возможностью использования в большепролетных конструкциях, повышенной гигиеничностью конструкций (минимальное количество мест, в которых накапливается пыль и грязь), архитектурной выразительностью конструкций.

Стальные конструкции покрытий производственных зданий с применением замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно» (серия 1.460.3-14) используются в одноэтажных отапливаемых производственных зданиях: однопролетных и многопролетных пролетами 18, 24 и 30 м; без перепадов и с перепадами высот; бесфонарных, с зенитными фонарями и с треугольными светоаэрационными фонарями; бескрановых, с мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т или с подвесными кранами грузоподъемностью до 5 т.

Покрытие состоит из стропильных ферм, устанавливаемых с шагом 4 м на 12-метровые подстропильные фермы (при шаге колонн 12 м) или подстропильные балки (при шаге колонн 6 м), которые, в свою очередь, опираются на колонны через стальные надколонники.

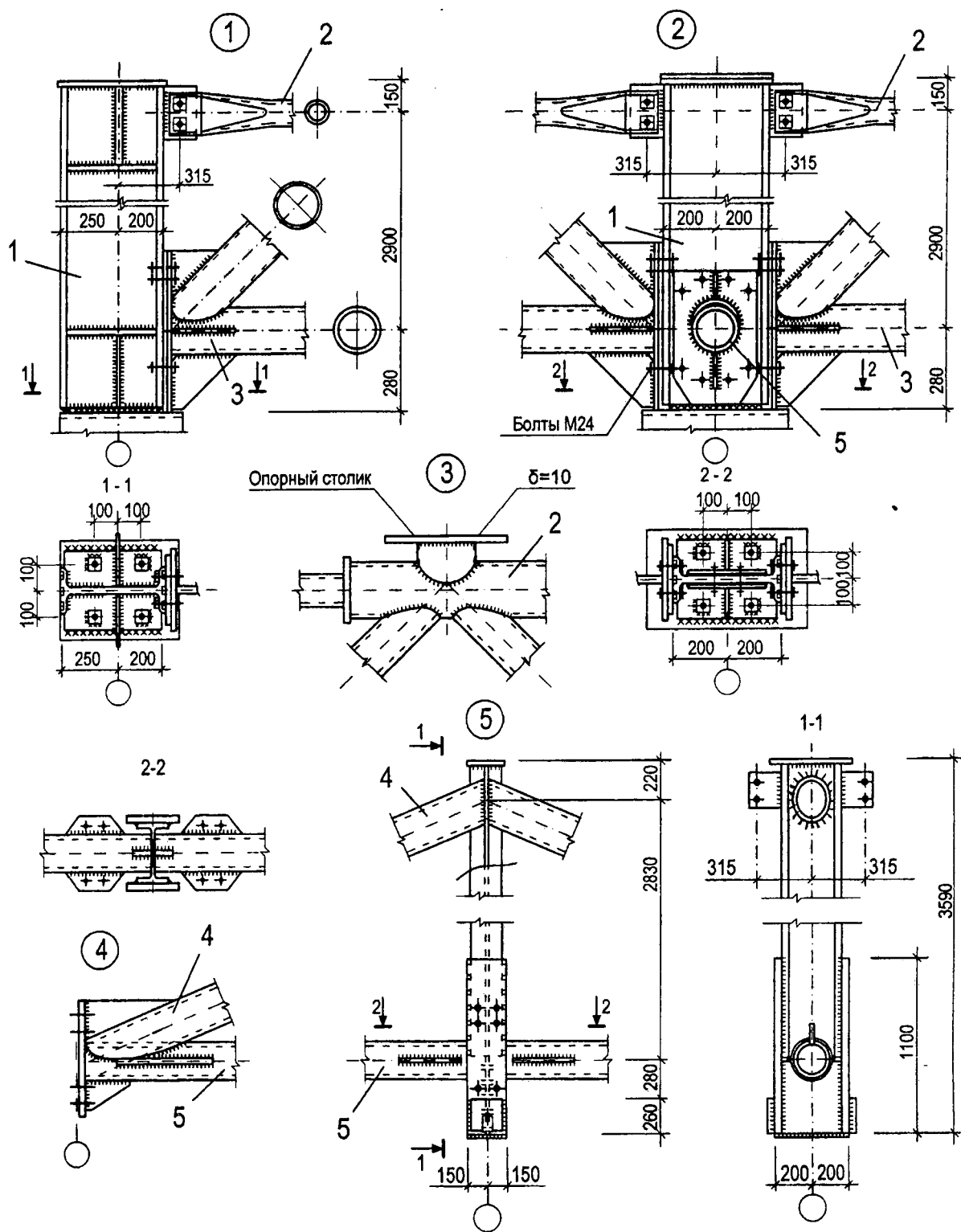


Рис. 2.13. Узлы ферм из круглых труб:

1 – опорная стойка фермы; 2 – верхний пояс стропильной фермы;  
 3 – нижний пояс стропильной фермы; 4 – верхний пояс подстропильной фермы;  
 5 – нижний пояс подстропильной фермы

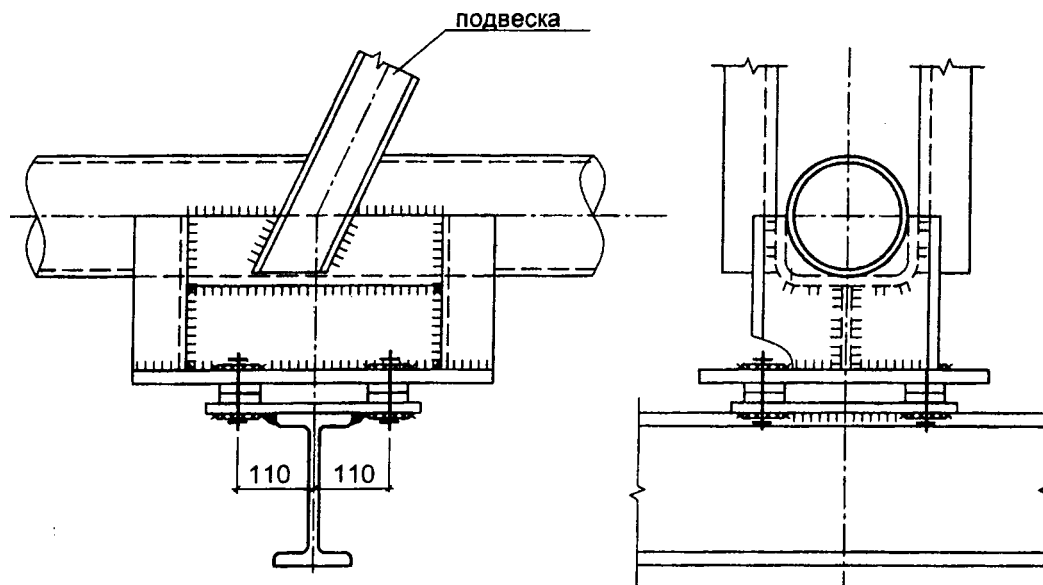


Рис. 2.14. Крепление путей подвесного транспорта к фермам из круглых труб

Стропильные фермы имеют параллельные пояса с уклоном 1,5 %. По верхним поясам ферм укладывается профилированный настил без прогонов (беспрогонное решение).

Опираение стропильных ферм на подстропильные и подстропильных на колонны принято шарнирным. Колонны зданий имеют высоту на 1200 мм большую, чем высота здания до низа ферм. Для бескрановых зданий и зданий с подвесными кранами могут применяться типовые колонны. Для зданий с мостовыми кранами применяются типовые колонны с подкрановой частью по типовым сериям и с надкрановой частью, увеличенной на 1200 мм.

Привязка наружной грани колонн крайнего ряда, а также наружной грани стоек торцевого фахверка к осям – 250 мм. Геометрические схемы стропильных и подстропильных конструкций, а также узлы ферм из замкнутых гнутосварных профилей типа «Молодечно» даны на рис. 2.15–2.17. Нижние пояса стропильных ферм раскрепляются вертикальными связями и распорками (пункт 5.2).

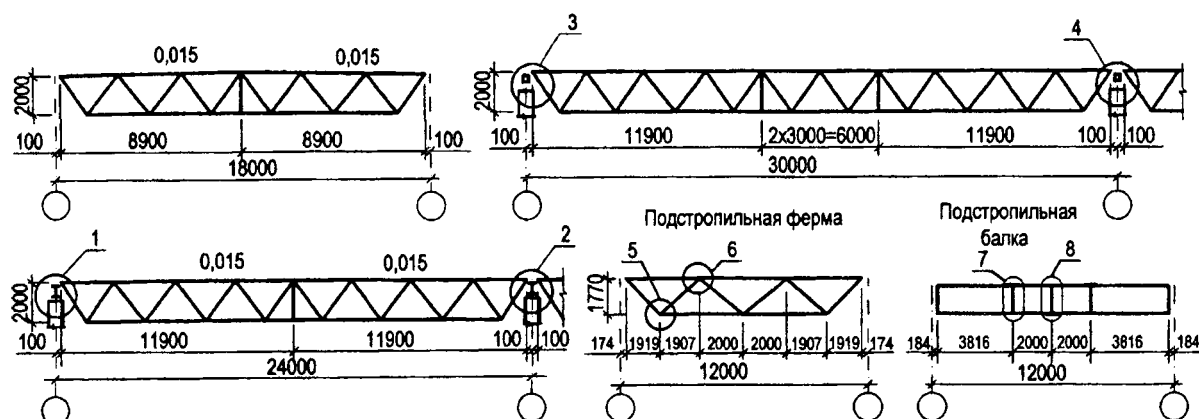


Рис. 2.15. Геометрические схемы ферм из замкнутых гнутосварных профилей типа «Молодечно» (серия 1.460.3-14)

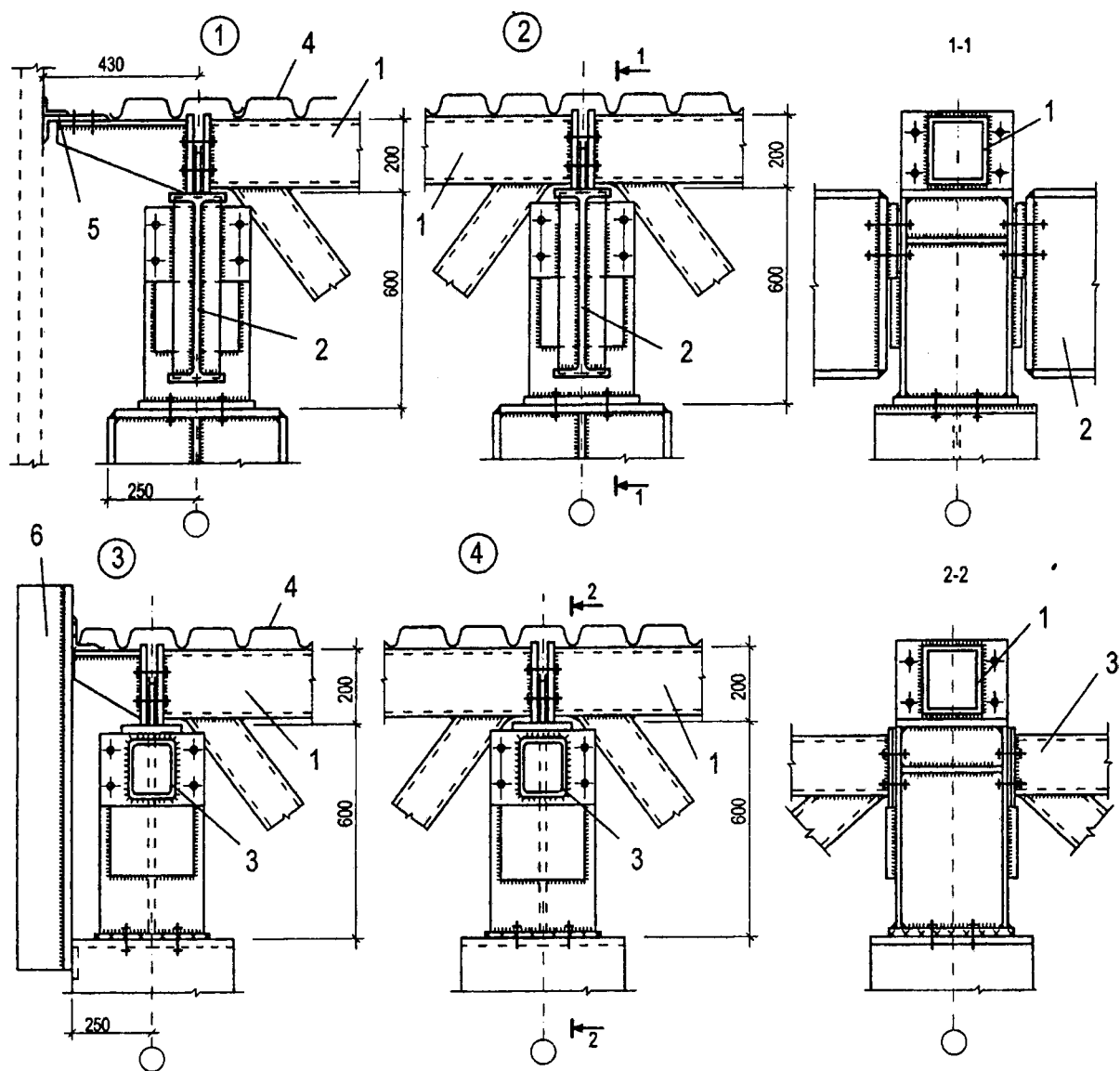


Рис. 2.16. Узлы ферм из замкнутых гнутосварных профилей типа «Молодечно» (серия 1.460.3-14):

- 1 – верхний пояс стропильной фермы; 2 – подстропильная балка;  
 3 – верхний пояс подстропильной фермы; 4 – профилированный настил;  
 5 – горизонтальный фахверк; 6 – стальная насадка  
 (для стен из легковесных панелей)

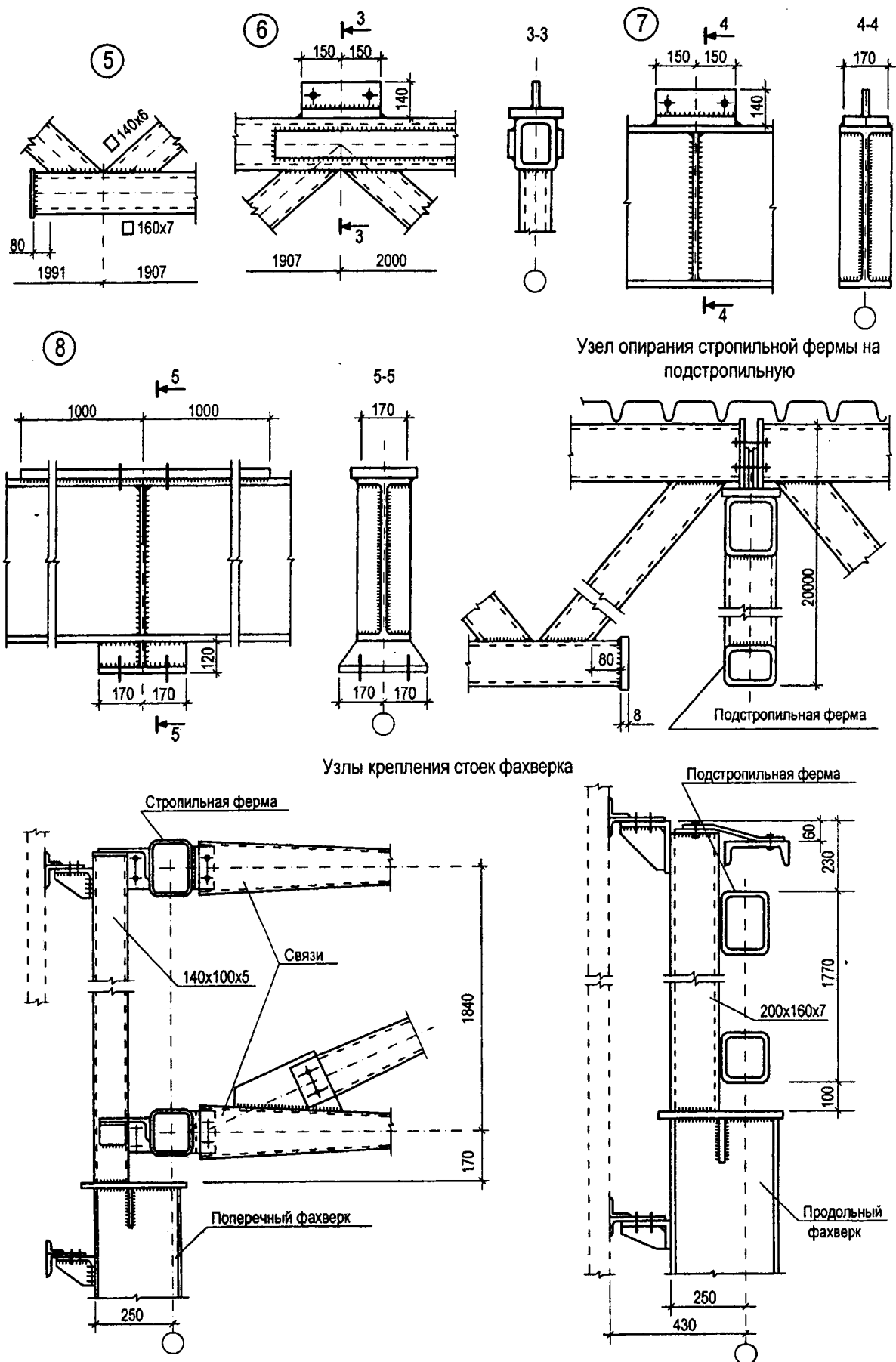


Рис. 2.16. Окончание

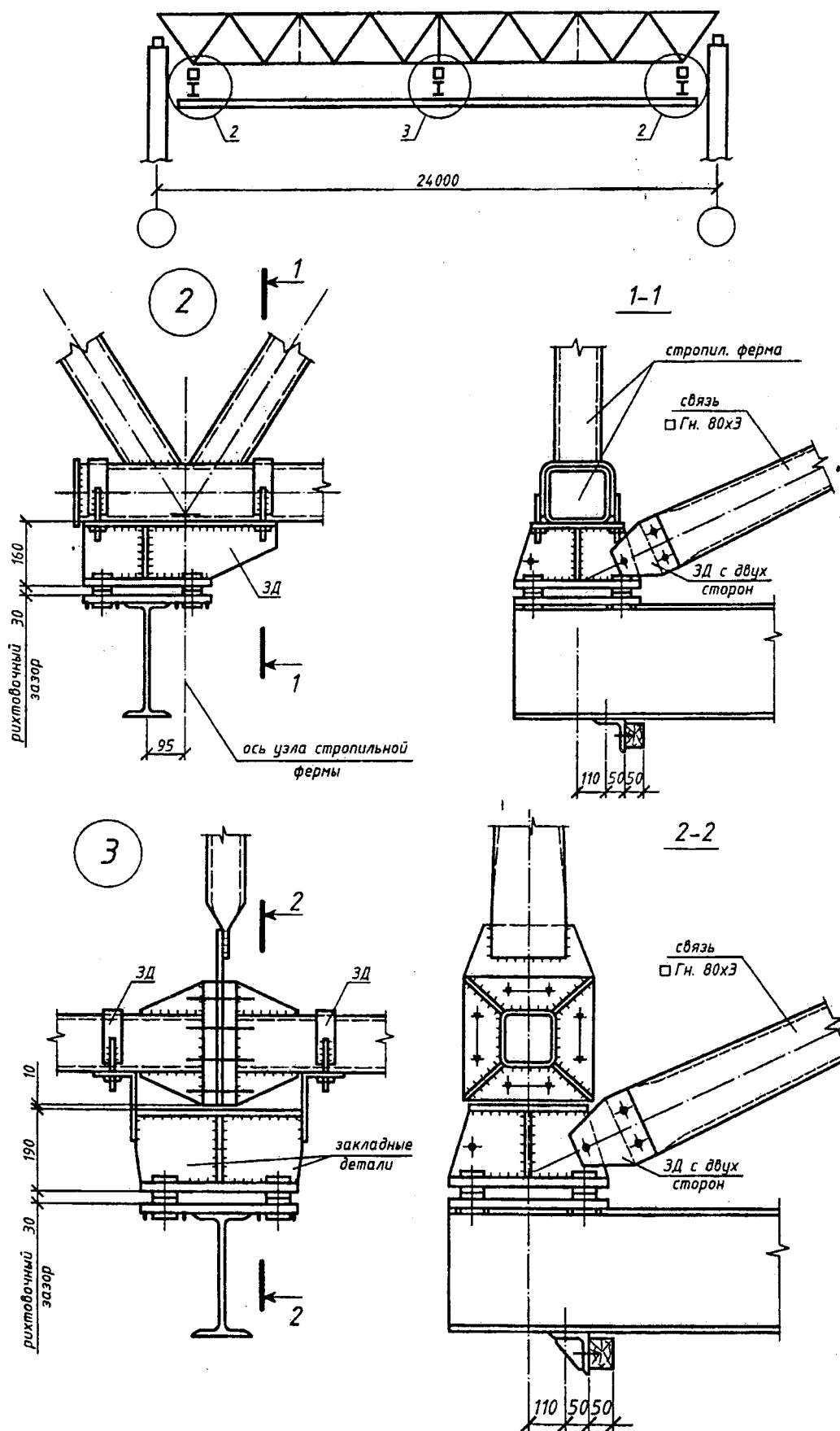


Рис. 2.17. Узлы крепления подвешного транспорта к конструкциям покрытия типа «Молодечно» (серия 1.460.3-14)



Стальные конструкции покрытий производственных зданий с применением **замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения с уклоном кровли 10 %** (серия 1.460.3-23.98) являются усовершенствованным вариантом конструкций покрытия типа «Молодечно» (серия 1.460.3-14), позволяющим снижать расход стали на покрытие до 20 %.

Стальные конструкции покрытия состоят из стропильных ферм, подстропильных ферм, устанавливаемых по средним рядам колонн при шаге 12 м, прогонов, вертикальных и горизонтальных связей, а также стального профилированного настила или кровельных панелей с его применением. Опирающие стропильные фермы на колонны и подстропильные фермы, а также подстропильные фермы на колонны – шарнирные.

По торцам здания предусмотрена установка несущего торцевого фахверка, включающего стойки фахверка и опирающиеся на них стропильные балки. Горизонтальные нагрузки от стоек торцевого фахверка передаются на диск покрытия через прогоны.

Стропильные фермы запроектированы двускатными с уклоном верхнего пояса 10 %, с горизонтальным нижним поясом и равномерной треугольной решеткой с нисходящими опорными раскосами. Размер панелей – 3 м. Фермы пролетом 18 и 24 м komponуются из двух отпавочных марок, а пролетом 30 м – из трех. Монтажные соединения – фланцевые. Соединения элементов решетки с поясами ферм – бесфасоночные. К верхним поясам ферм привариваются пластины для крепления прогонов.

Подстропильные фермы пролетом 12 м запроектированы в виде треугольного отпавочного элемента высотой 2100 мм. Верхний пояс и стойка выполняются из замкнутого гнутосварного профиля, подкосы – из двух уголков, приваренных к боковым граням пояса. Все заводские соединения элементов стропильных и подстропильных ферм – сварные.

Неизменяемость покрытия в горизонтальной плоскости обеспечивается сплошным диском, образованным профилированным настилом, закрепленным на прогонах. Крепление профнастила к прогонам выполняется самонарезающими винтами с уплотнительными шайбами: по периметру здания и в температурных швах – в каждой волне, в остальных местах – через волну. Прогоны раскрепляют верхние пояса ферм через 3 м и крепятся к фермам и балкам на болтах.

Геометрические схемы стропильных и подстропильных ферм и основные узлы сопряжений конструкций покрытия приведены на рис. 2.18–2.19.

Схемы расположения элементов торцевых несущих фахверков и узлы сопряжения фахверка с элементами покрытий даны на рис. 2.20–2.21. Конструктивное решение узлов покрытия приведено на рис. 2.22.

**Конструкции покрытия «Трасскон»** (серия Трасскон.01-01 «Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24, 30, 36 м из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения с уклоном кровли 2 %») разработаны для применения в отапливаемых зданиях с неагрессивной или слабоагрессивной средой и сухим или нормаль-

ным влажностным режимом эксплуатации помещений. Здания предназначены для строительства в районах со снеговой нагрузкой до 240 кг/м<sup>2</sup>, ветровой нагрузкой до 60 кг/м<sup>2</sup> и сейсмичностью до шести баллов включительно. Применение в неотапливаемых зданиях ограничено климатическими районами с температурой наружного воздуха не ниже -50 °С.

Ферменные конструкции Трасскон могут применяться в бескрановых одно- и многопролетных зданиях пролетами 18, 24, 30 и 36 м с шагом крайних колонн 6 м и средних – 6, 12 и 18 м.

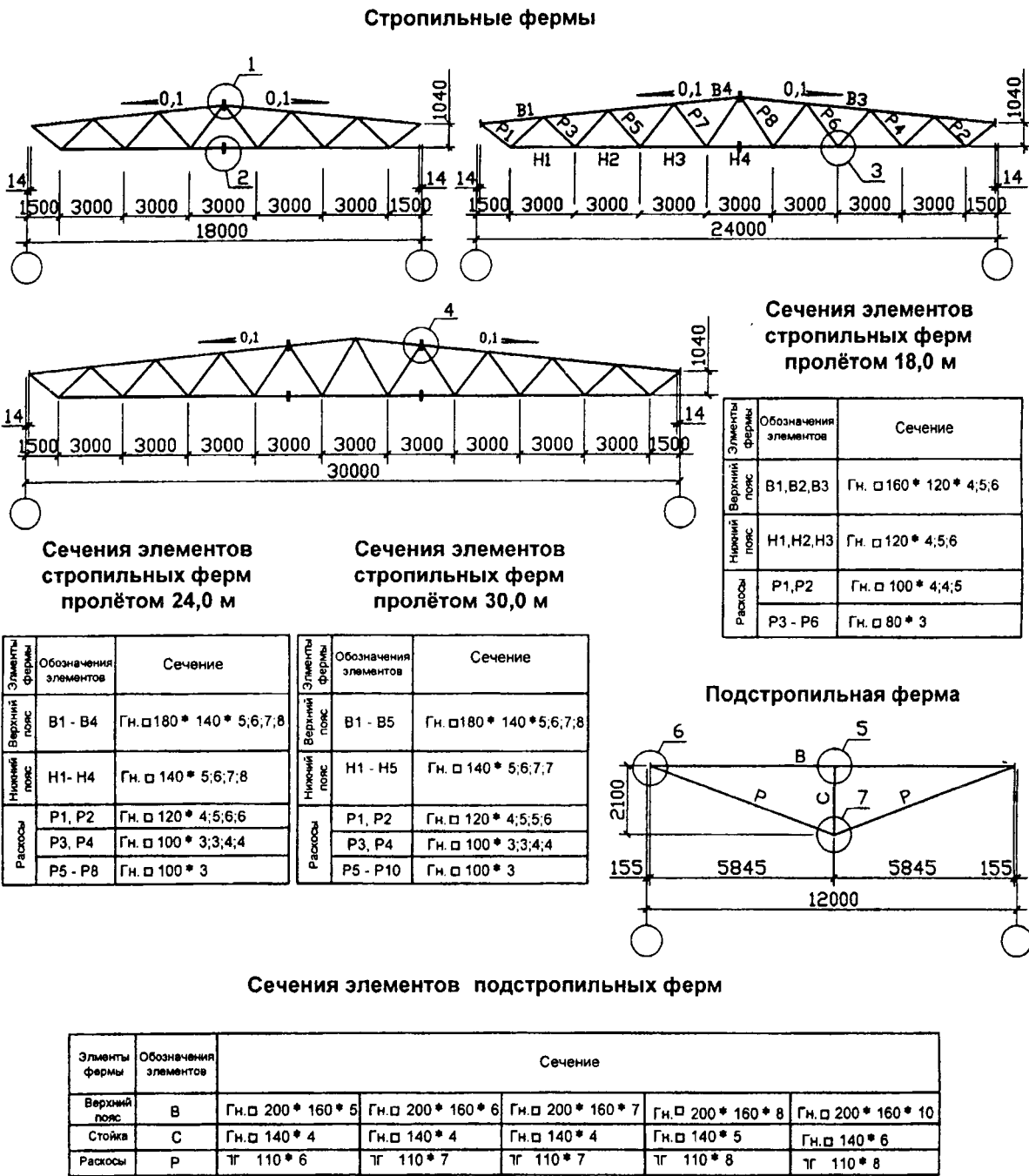


Рис. 2.18. Геометрические схемы несущих конструкций покрытий из замкнутых гнутосварных профилей с уклоном кровли 10 % (серия 1.460.3-23.98)

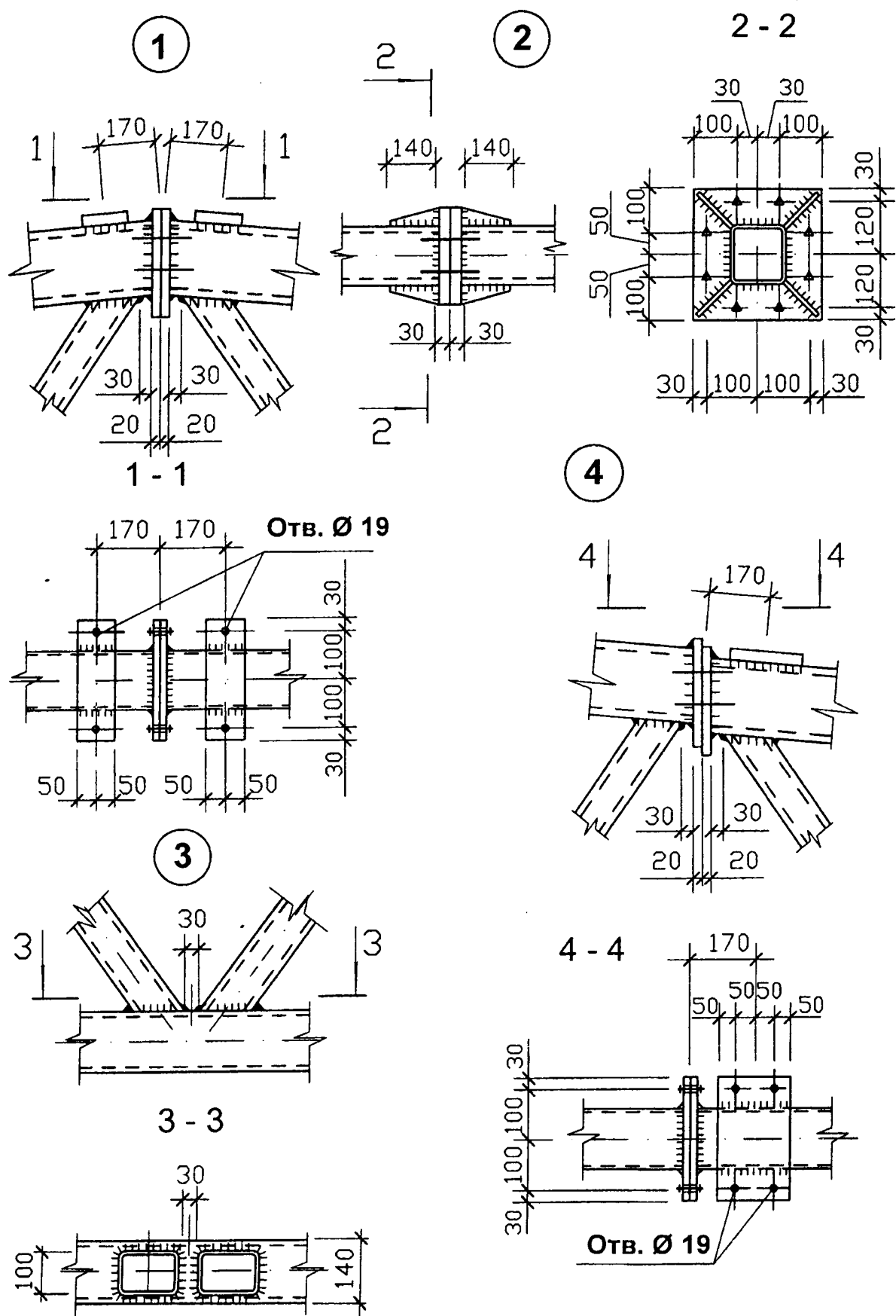


Рис. 2.19. Узлы стропильной и подстропильной ферм покрытия по серии 1.460.3-23.98

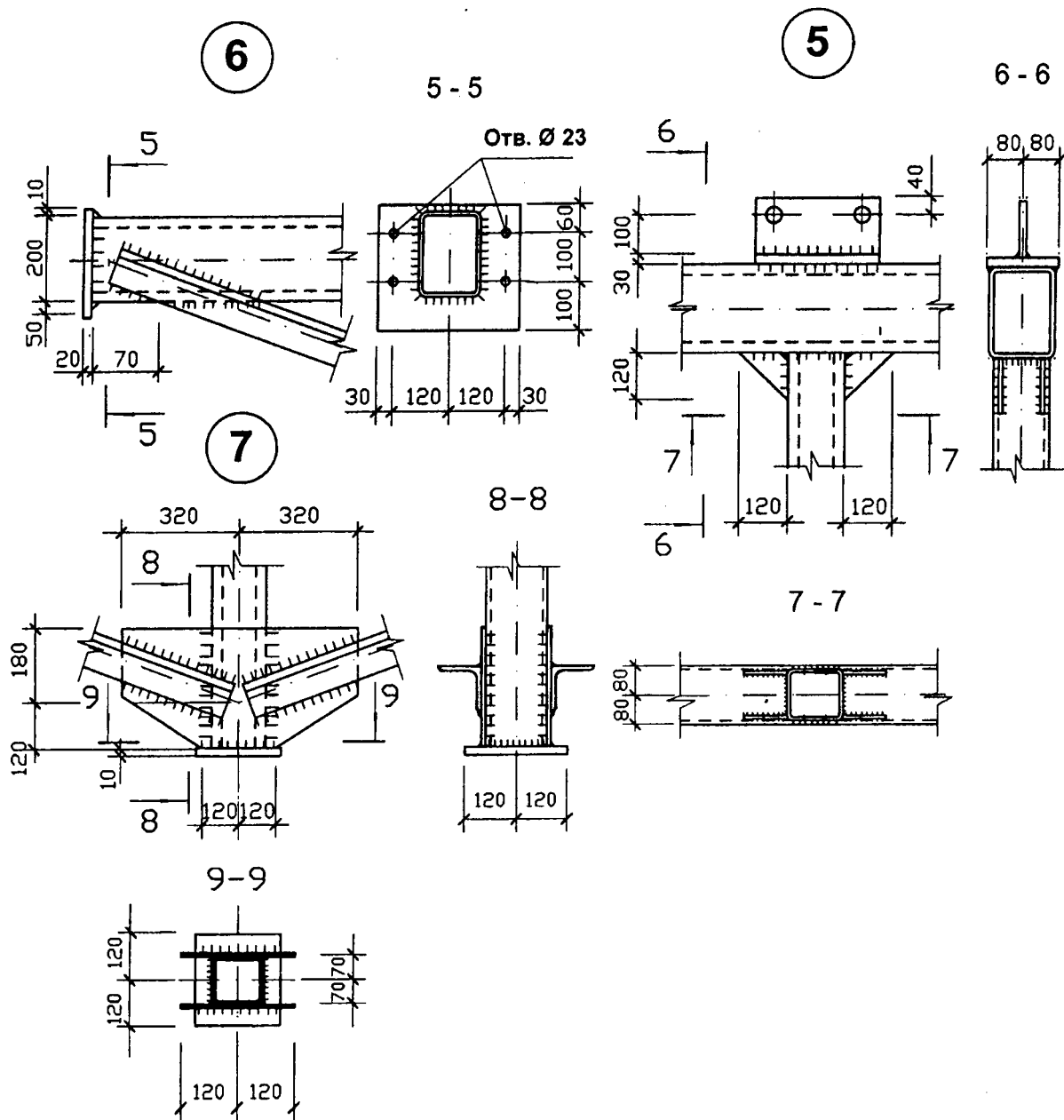


Рис. 2.19. Окончание

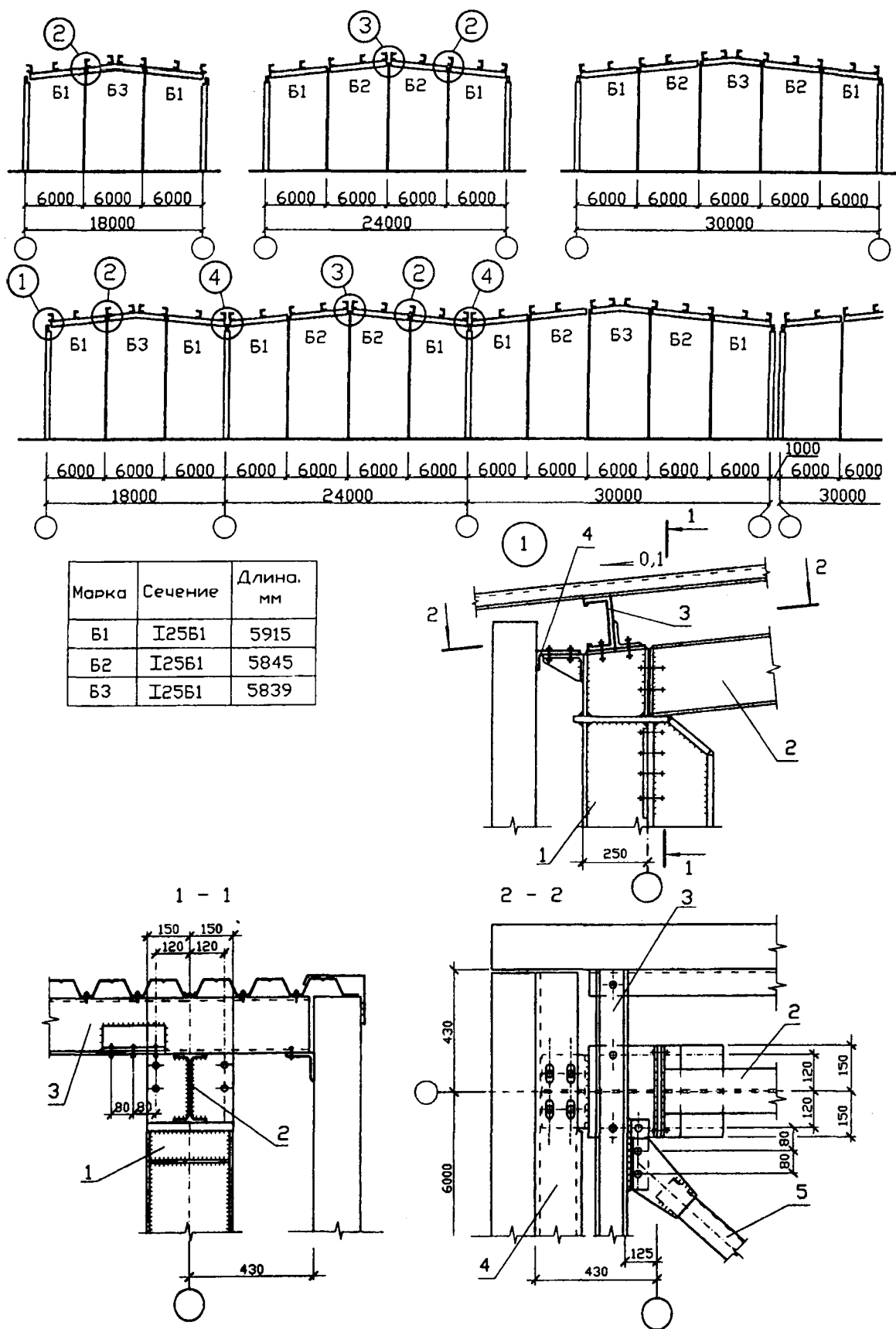


Рис. 2.20. Схемы торцевых несущих фахверков и балок покрытия по серии 1.460.3-23.98:

1 – угловая стойка фахверка; 2 – балка торца; 3 – прогон; 4 – ригель;  
5 – горизонтальная связь

34

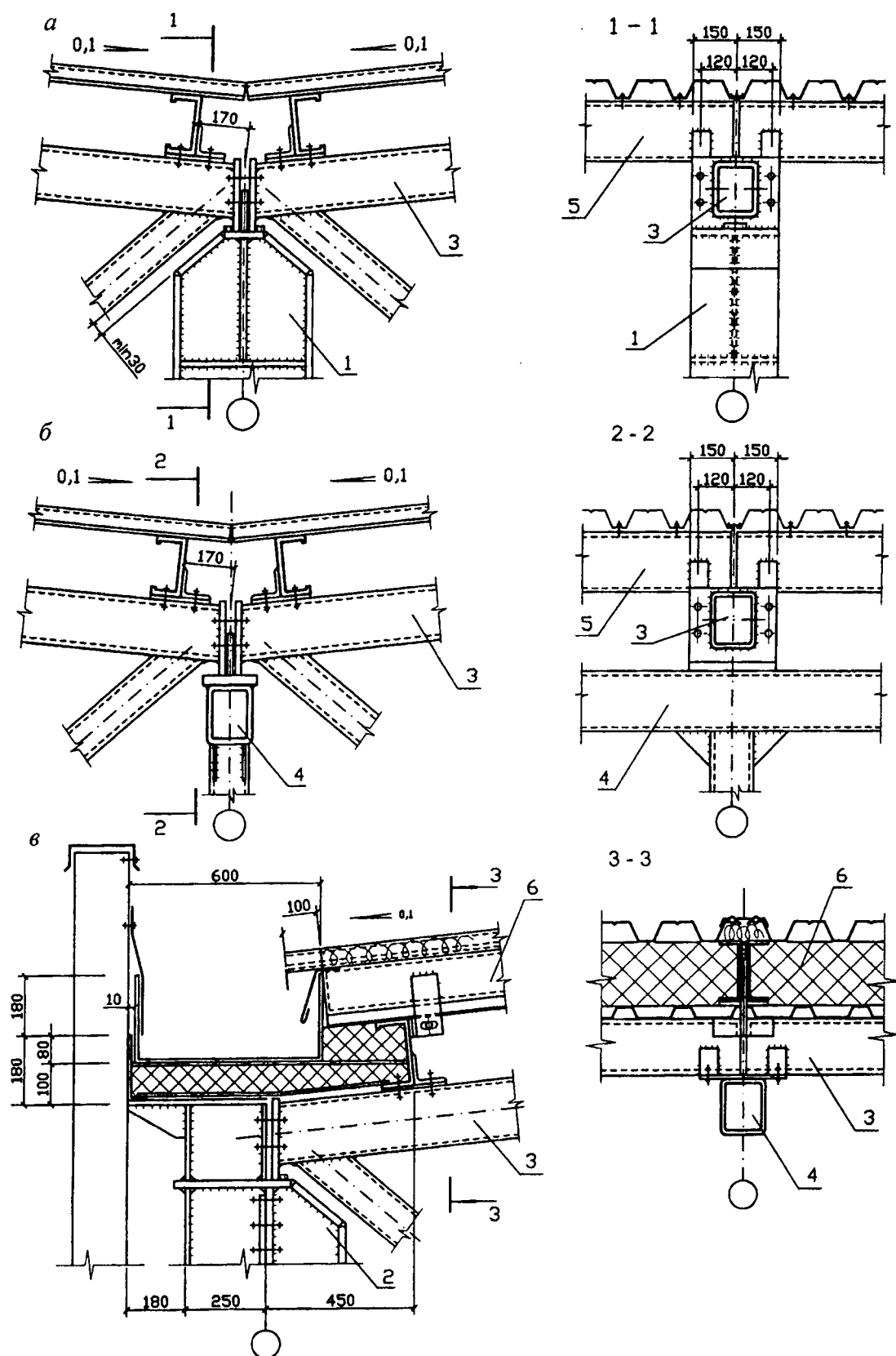


Рис. 2.22. Узлы сопряжения элементов покрытия по серии 1.460.3-23.98:

*а* – опирание ферм на среднюю колонну; *б* – опирание стропильных ферм на подстропильную ферму; *в* – опирание фермы на колонну крайнего ряда:  
 1 – колонна среднего ряда; 2 – колонна крайнего ряда; 3 – верхний пояс стропильной фермы; 4 – верхний пояс подстропильной фермы; 5 – прогон;  
 6 – трехслойная кровельная панель

Стропильные и подстропильные фермы выполнены из замкнутых профилей квадратного и прямоугольного сечения. Общий вид конструкции покрытия и геометрические схемы ферм приведены на рис. 2.23 и 2.24.

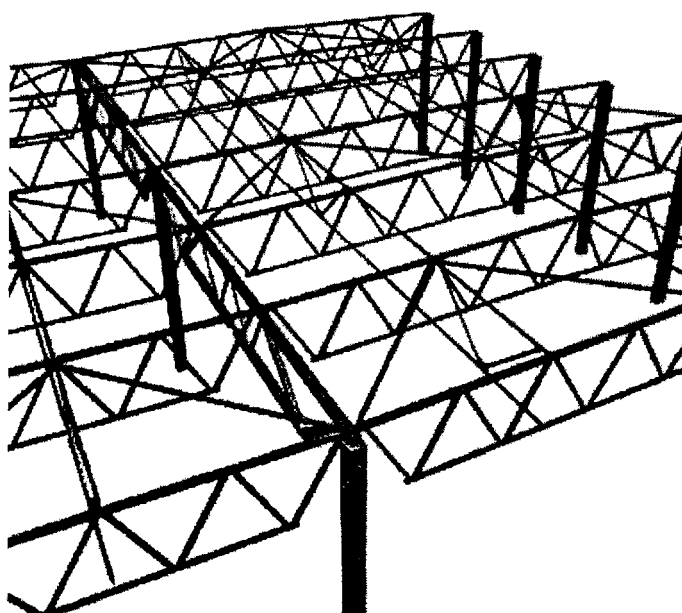


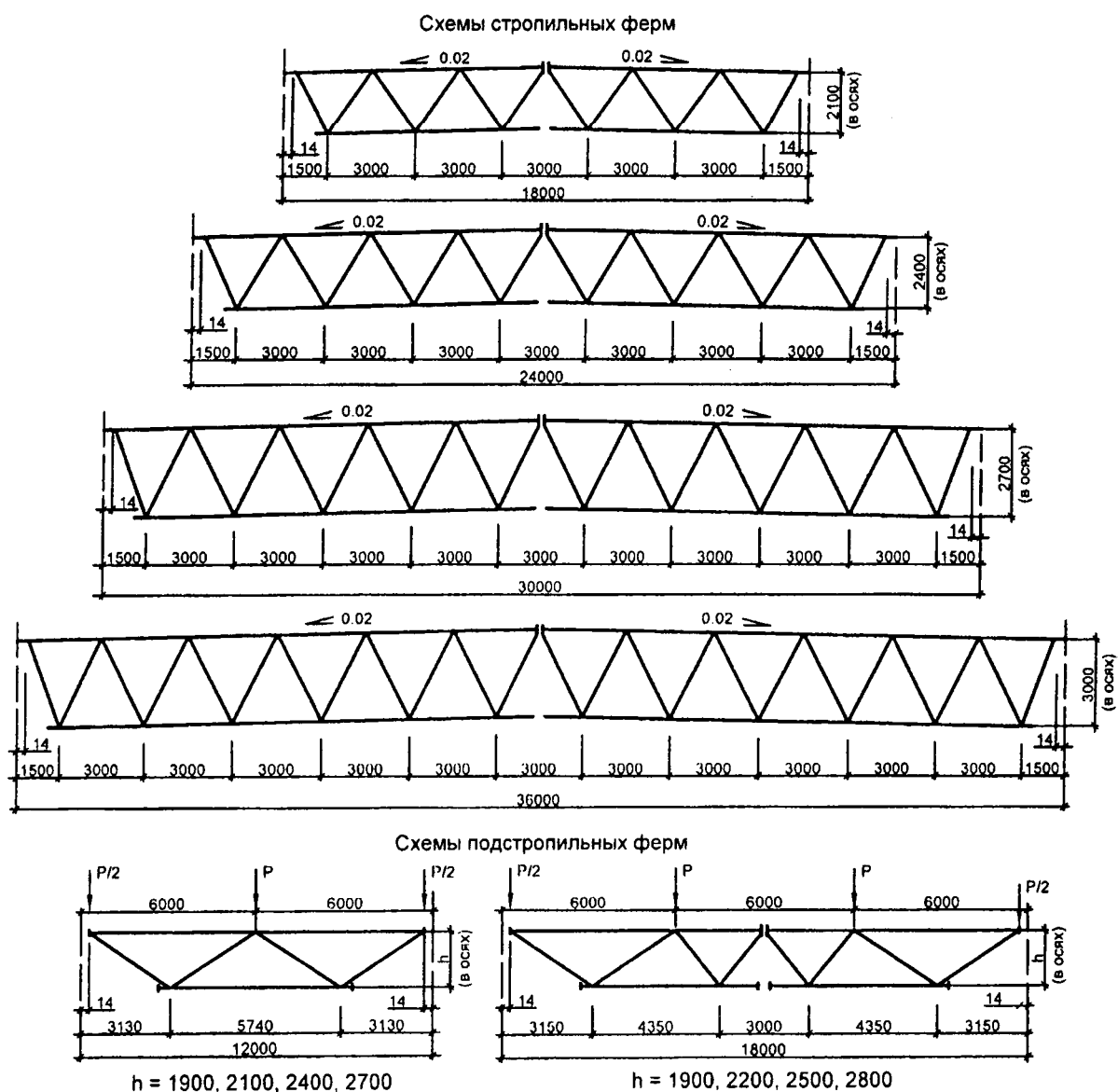
Рис. 2.23. Ферменная конструкция покрытия «Трасскон»

Кровельное покрытие имеет беспрогонное решение. В качестве несущего элемента ограждающей части покрытия предусмотрено использования профилированного настила с высотой волны 153 мм. В здании могут использоваться как металлические колонны, так и железобетонные (сборные и монолитные). Колонны имеют осевую привязку. Опирающие стропильных ферм на колонны и подстропильные фермы, а также опирание подстропильных ферм на колонны принято шарнирным. Максимальный размер сечения колонны на уровне оголовка не должен превышать 500×500 мм. Узлы сопряжения элементов покрытия даны на рис. 2.25.

Пространственная жесткость и устойчивость покрытия обеспечивается профилированным настилом, вертикальными связями, горизонтальными связями и распорками по верхним поясам ферм, а также распорками по нижним поясам ферм.

Применение металла в конструкциях покрытия позволяет получать разнообразные архитектурные и конструктивные решения несущих элементов покрытия. Помимо рассмотренных, наиболее часто используемых типовых конструкций ферм, проектными организациями для различных объектов разрабатываются новые конструкции с применением прокатных или (и) гнутых профилей, гофрированных листов, круглой стали и различных их сочетаний. В практике строительства существует большое количество **арок с затяжками** (рис. 2.26) и **ферм** (рис. 2.27), имеющих разные геометрические схемы и конструктивные решения.





### Сечения элементов ферм

	Пролет, м	Верхний пояс	Нижний пояс	Раскосы
Стропильные фермы	18	Гн □ 160×6	Гн □ 140×100×5	Гн □ 120×4 Гн □ 100×3
	24	Гн □ 160×6	Гн □ 140×100×5	Гн □ 120×4 Гн □ 100×3
	30	Гн □ 160×8	Гн □ 140×100×5	Гн □ 120×4 Гн □ 100×3
	36	Гн □ 180×8	Гн □ 140×100×7	Гн □ 120×4 Гн □ 100×3
Подстропильные фермы	12	Гн □ 160×6	Гн □ 160×6	Гн □ 140×5
	18	Гн □ 250×10	Гн □ 250×10	Гн □ 200×7 Гн □ 100×3

Рис. 2.24. Геометрические схемы стропильных и подстропильных ферм конструкций покрытия «Трасскон»

# Схемы маркировки узлов

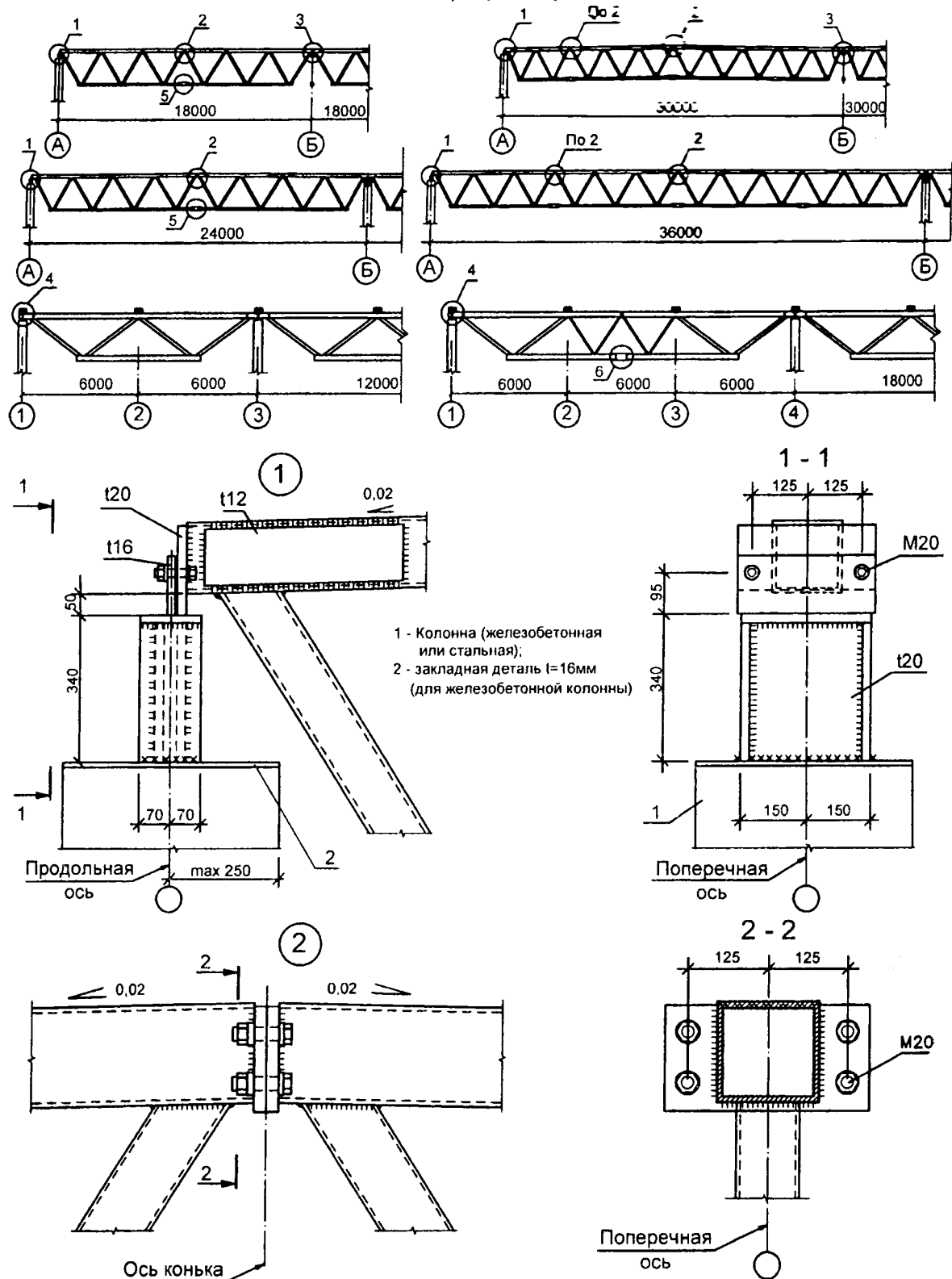


Рис. 2.25. Схемы маркировки узлов и узлы сопряжения элементов покрытия «Трасскон»

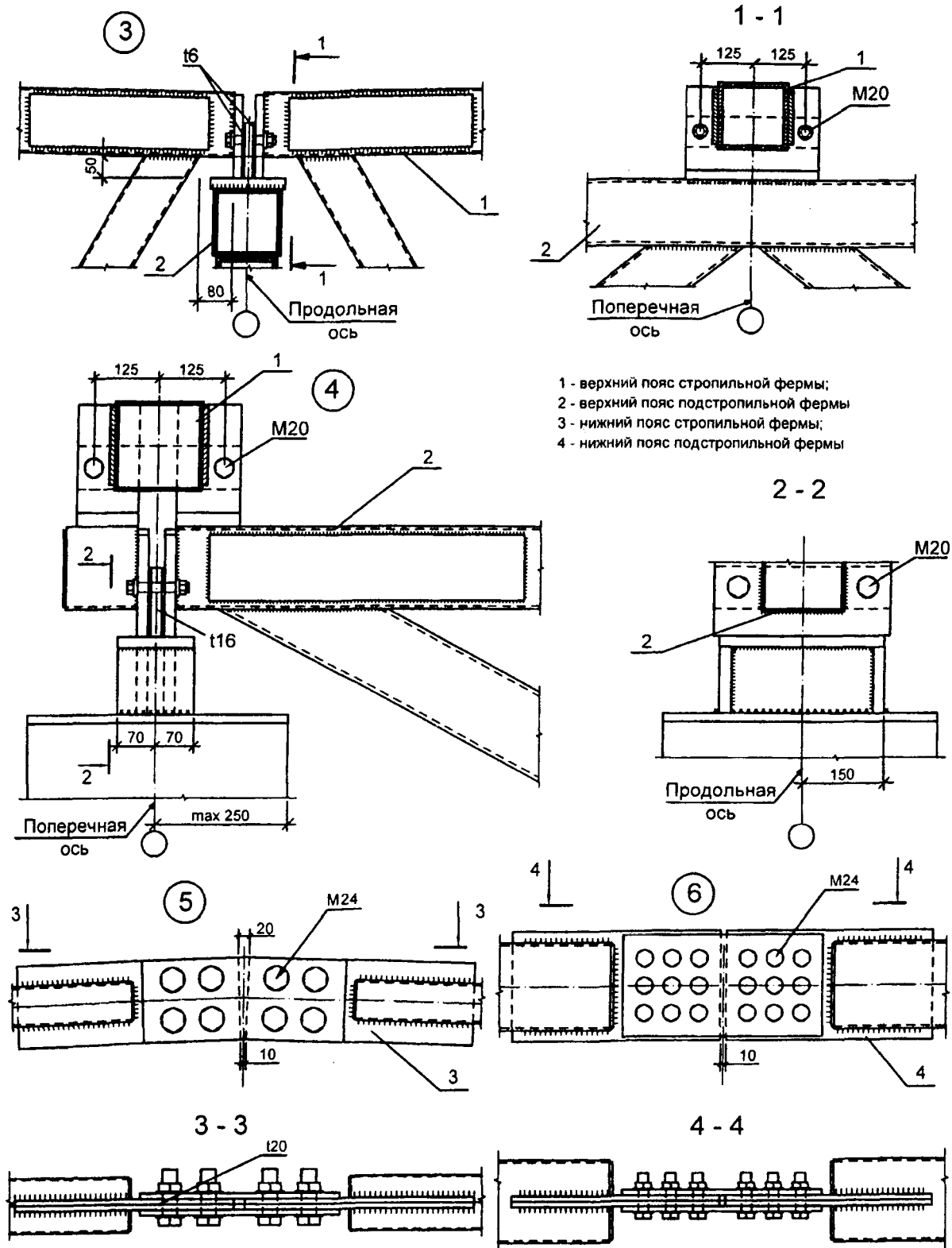


Рис. 2.25. Окончание

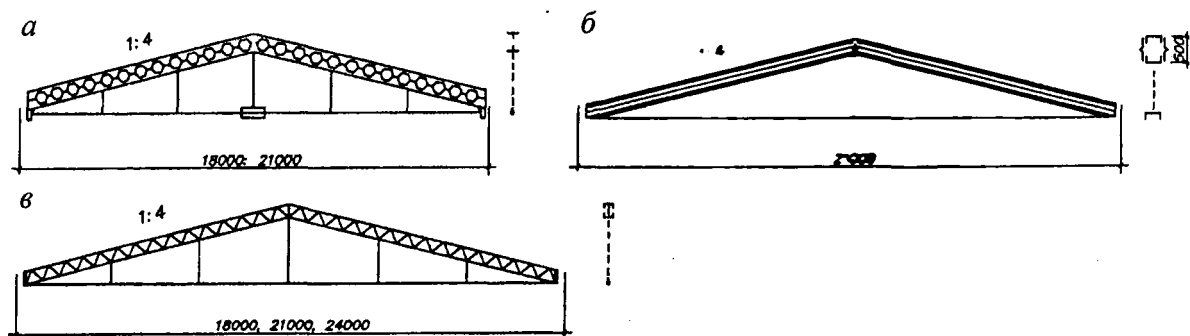


Рис. 2.26. Варианты арок с затяжками

На рис. 2.26 обозначено:

*а* – типовая арка серии 1.860-4 (вып. 1). Пояса выполнены из развитого двутавра с перфорированной стенкой, затяжка и подвески – из круглой стали (ЦНИИЭПсельстрой); *б* – арка с поясами из холодногнутых профилей (полки – из швеллеров, стенки – из гофрированных листов), затяжка – из гнутого швеллера; *в* – арка с поясами из прокатных швеллеров (расстояние 500 мм), решеткой, подвесками и затяжкой – из круглой стали (Ростгипросельхозстрой, Севкавгипросельхозстрой).

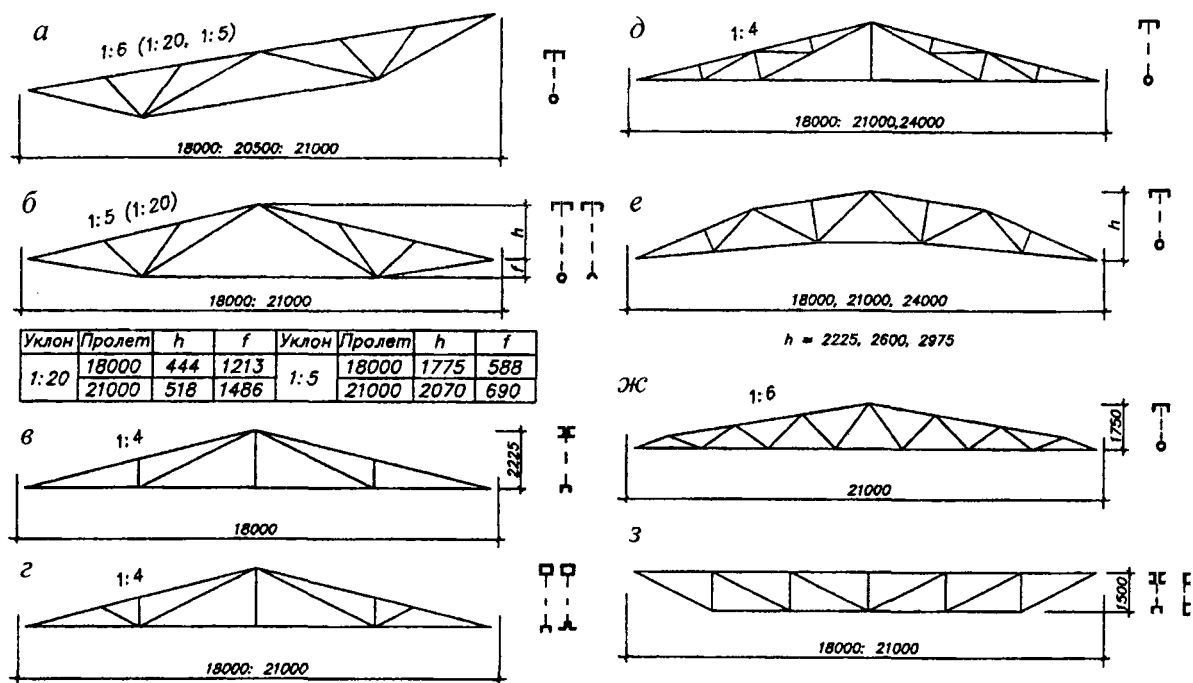


Рис. 2.27. Варианты стальных ферм

На рис. 2.27 обозначено:

*а* – односкатные фермы с верхним поясом П-образного сечения из прокатных уголков, нижним поясом и элементами решетки из тонкостенных труб (Мосгидросельстрой, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко). Шаг ферм 3–6 м;

*б* – двускатные фермы с верхним поясом П-образного сечения из прокатных уголков, нижним поясом и элементами решетки из тонкостенных труб. Вариант – нижний пояс из уголков (Мосгидросельстрой, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко – с уклоном верхнего пояса 1:20; серия 1.860-1, вып 1 – с уклоном 1:5);

*в* – типовые фермы по серии 1.860-1 с верхним поясом из горячекатаных или холодногнутых спаренных швеллеров, нижним поясом и решеткой из одиночных швеллеров;

*г* – типовые фермы серии 1.860-5 (вып. 1) с верхним поясом коробчатого сечения из двух швеллеров, нижним поясом и элементами решетки из парных уголков или швеллера (Укрпроектстальконструкция);

*д* – треугольная ферма с верхним поясом из двух уголков в виде швеллера, нижним поясом и раскосами из круглой стали (Ростпромзернопроект);

*е* – полигональная ферма с верхним поясом из швеллера, нижним поясом и решеткой из круглого профиля (Ростпромзернопроект);

*ж* – полигональная ферма с верхним поясом из швеллера, нижним поясом и решеткой из тонкостенных труб (ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко);

*з* – типовые фермы с параллельными поясами по серии 1.860-5.2.1 с верхним поясом из швеллеров, нижним – из спаренных уголков таврового сечения, раскосами – из двух уголков П-образного сечения, стойками – из одиночных швеллеров. Возможен вариант, когда верхний и нижний пояса, а также стойки выполняются из гнутосварных коробчатых профилей, а раскосы – из спаренных уголков.

### **2.3. Железобетонные плоскостные безраспорные конструкции**

Стропильные железобетонные балки заводского изготовления для пролетов от 6 до 18 м получили большое распространение в покрытиях сельскохозяйственных и одноэтажных промышленных зданий благодаря экономному расходу металла, простоте монтажа и соответствия таких балок противопожарным нормам. Разработаны типовые серии балок для плоских и скатных с небольшим уклоном (до 1 : 5) покрытий. Балки пролетом 6, 9 и 12 м чаще всего имеют тавровое сечение (серия 1.462-10/80). Балки пролетом от 15 до 21 м обычно выполняют двутаврового сечения (серия 1.462.1-16/88).

При пролетах 12 и 18 м могут также применяться решетчатые балки (серии 1.462.1-1/88, 1.462.1-3/89, 1.462.1-3/80, 1.462.3), имеющие прямоугольное сечение и сквозные отверстия, наличие которых приближает характер работ балки к характеру работы безраскосных ферм. Типовые железобетонные балки приведены на рис. 2.28.

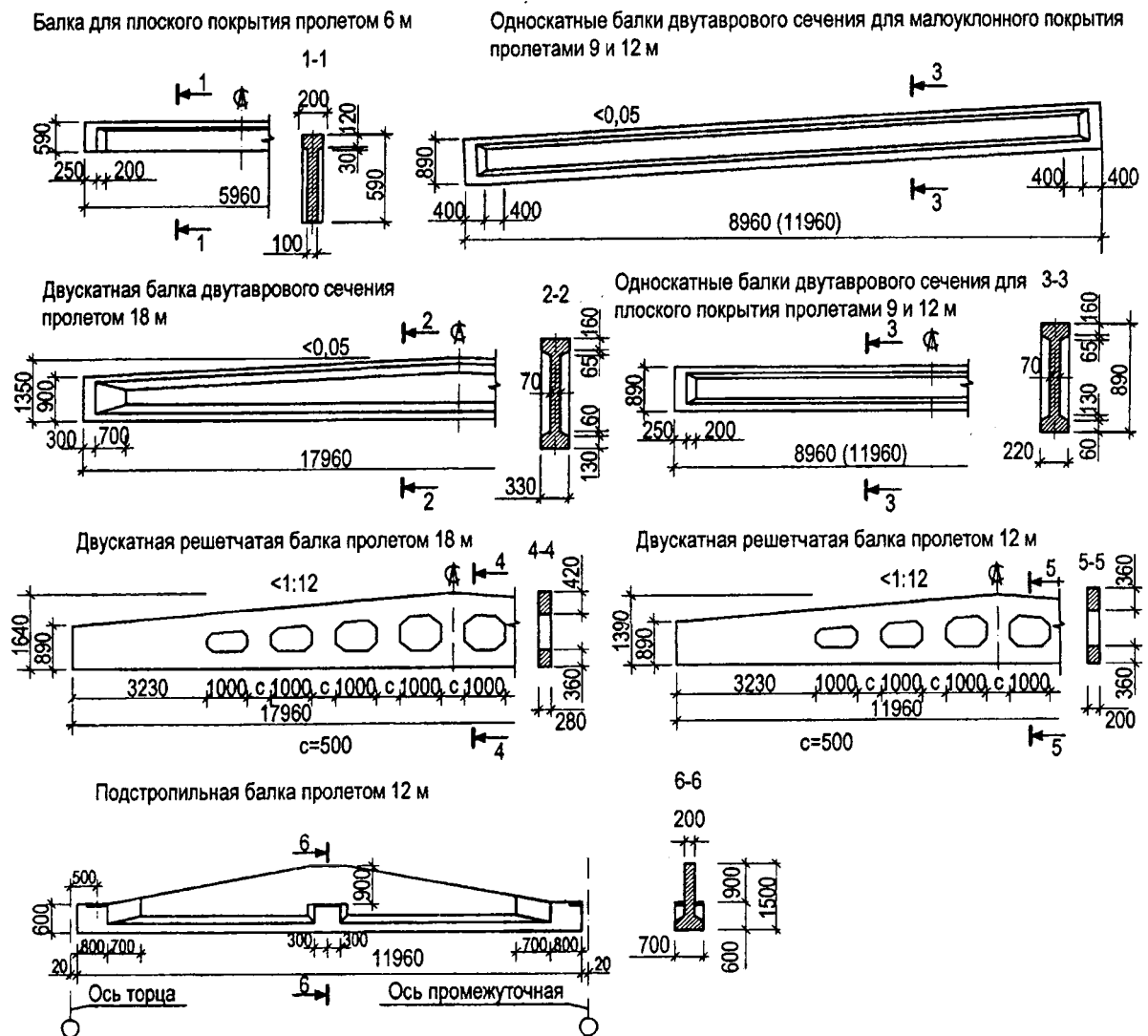


Рис. 2.28. Железобетонные стропильные и подстропильные балки

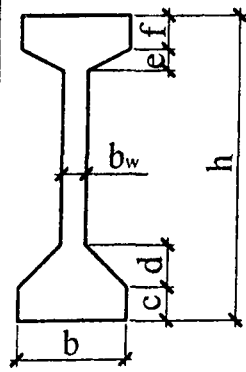
Железобетонные балки могут устанавливаться с шагом 6 и 12 м на колонны или на подстропильные балки. Для крепления к колоннам на концах стропильных балок с нижней стороны предусмотрены стальные опорные пластинки. К балкам могут крепиться пути подвешного транспорта грузоподъемностью до 5 т.

По верхним поясам балок размещены закладные детали для крепления плит покрытия и, если необходимо, рам фонарей. Для крепления подвесных крановых путей в нижних поясах балок также предусматриваются закладные детали.

В последние годы железобетонные балки двутаврового сечения получили широкое распространение при строительстве производственных объектов различного назначения. В качестве примера можно привести двускатные SI-балки компании Betonika литовского подразделения концерна Consolis.

В зависимости от величины действующей нагрузки и размеров сечений пролеты балок могут достигать 32 м (табл. 2.8). Уклон верхних граней балок составляет 1 : 16.

Габаритные размеры СИ-балок компании Betonika

	<i>H</i> , м	<i>B</i> , мм	<i>C</i> , мм	<i>D</i> , мм	<i>E</i> , мм	<i>F</i> , мм	<i>b<sub>w</sub></i> , мм	<i>L</i> , мм
	900	500	150	190	95	150	120	6000–12 000
	1050	500	150	190	95	150	120	6000–12 000
	1200	500	150	190	95	150	120	8000–16 000
	1350	500	150	190	95	150	120	10 000–20 000
	1500	500	150	190	95	150	120	12 000–25 000
	1650	500	150	190	95	150	120	14 000–28 000
	1800	500	150	190	95	150	120	15 000–30 000
	1950	500	150	190	95	150	120	16 000–32 000

Крепление балок к колоннам и подстропильным конструкциям выполняется шарнирным с помощью сквозных анкерных болтов (см. рис. 2.34). Отверстия, предусмотренные в балках для пропуска болтов, должны быть заполнены бетоном С20/25 (В25). Опираение на колонны осуществляется через прокладку из неопрена толщиной 10–20 мм.

Стропильные **железобетонные фермы** используются в зданиях пролетами 18–30 м и допускают устройство подвесных кранов грузоподъемностью до 5 т.

Наибольшее применение получили железобетонные фермы сегментного очертания пролетом 18 и 24 м (рис. 2.29), безраскосные для малоуклонного и скатного покрытия (серия 1.466.1-3/87) и раскосные (серия 1.463.1-16).

В безраскосных фермах для малоуклонной кровли требуемый уклон покрытия (3,3 % и 5 %) обеспечивается дополнительными стойками – выпущенными из верхнего пояса «рожками».

На опорные части ферм устанавливаются стальные стойки из I 18, служащие для опирания плит покрытия.

В зданиях сельскохозяйственного назначения часто используются треугольные фермы пролетами 6, 9, 12 и 18 м по серии 1.063.1-1 (рис. 2.30).

В последние годы в промышленном строительстве широкое применение получили железобетонные полигональные фермы по серии 1.463.1-17. Такие фермы пролетом 18 и 24 м разработаны с уклоном верхнего пояса 1,5 %. Бывают трех типов:

- рядовые симметричные с опорными стойками и крайними панелями верхнего пояса для установки ферм на колонны или на опорные узлы подстропильных ферм – фермы первого типа (рис. 2.31);

- асимметричные без одной стойки и крайней панели верхнего пояса для установки этой опорой на средний узел подстропильной фермы, другой опорой на колонну в крайнем пролете здания – фермы второго типа (рис. 2.32);

– симметричные без двух опорных стоек и крайних панелей верхнего пояса для установки на средние узлы подстропильных ферм в средних пролетах здания – фермы третьего типа (рис. 2.32).

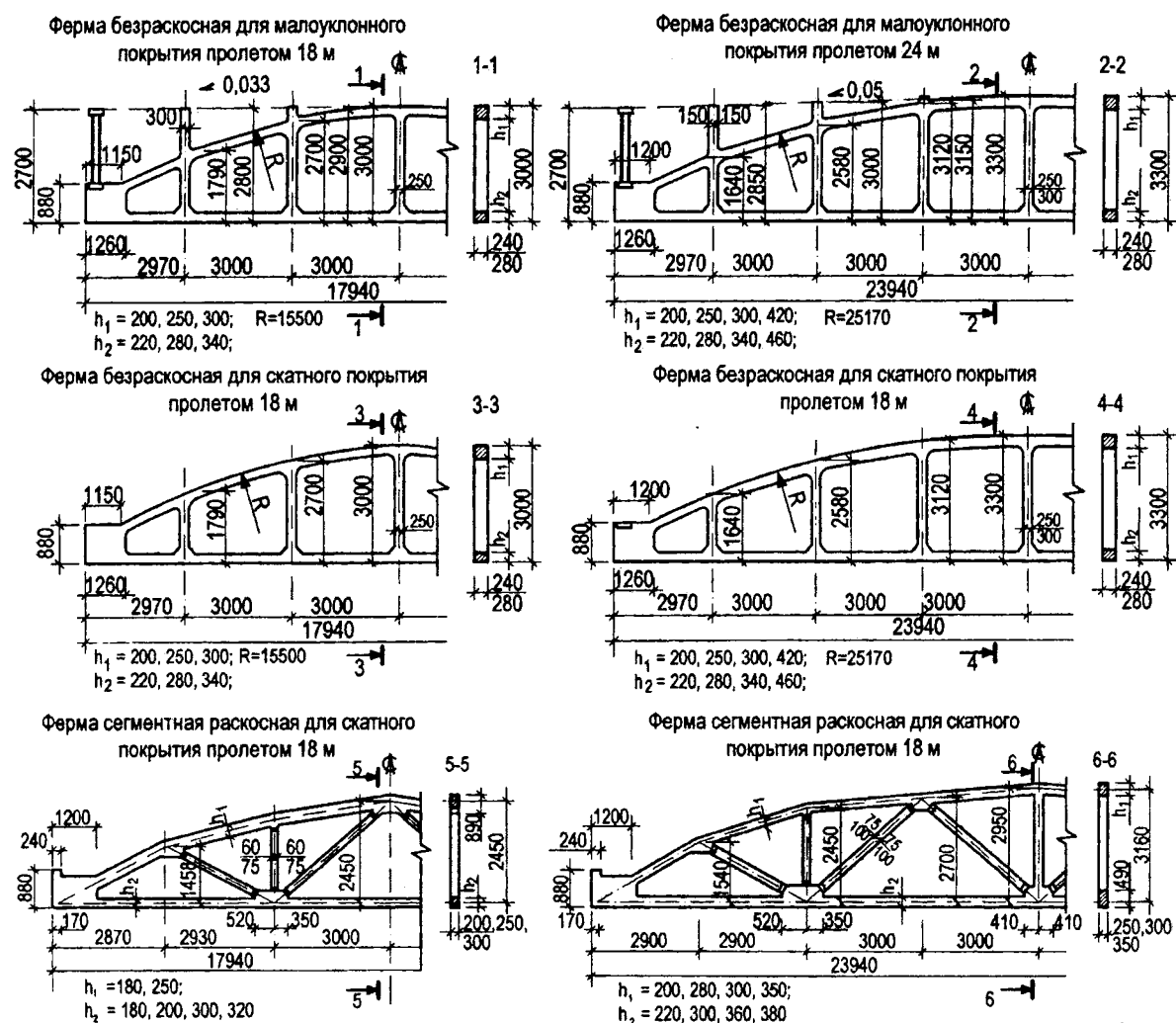


Рис. 2.29. Железобетонные фермы сегментного очертания

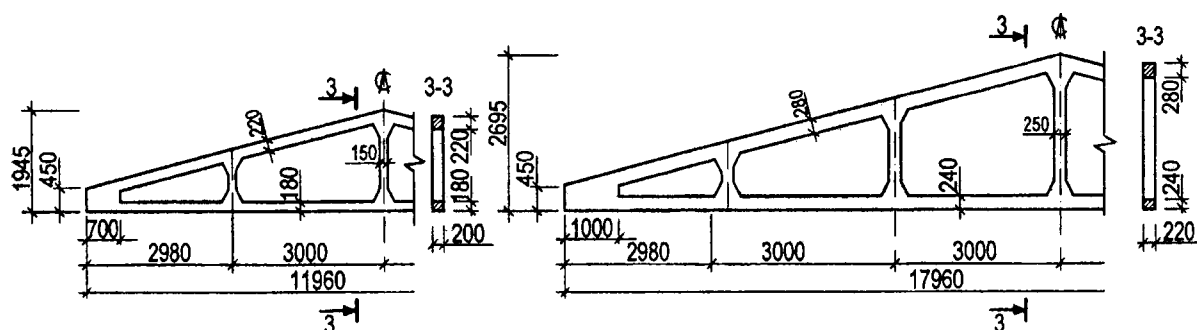


Рис. 2.30. Треугольные железобетонные фермы



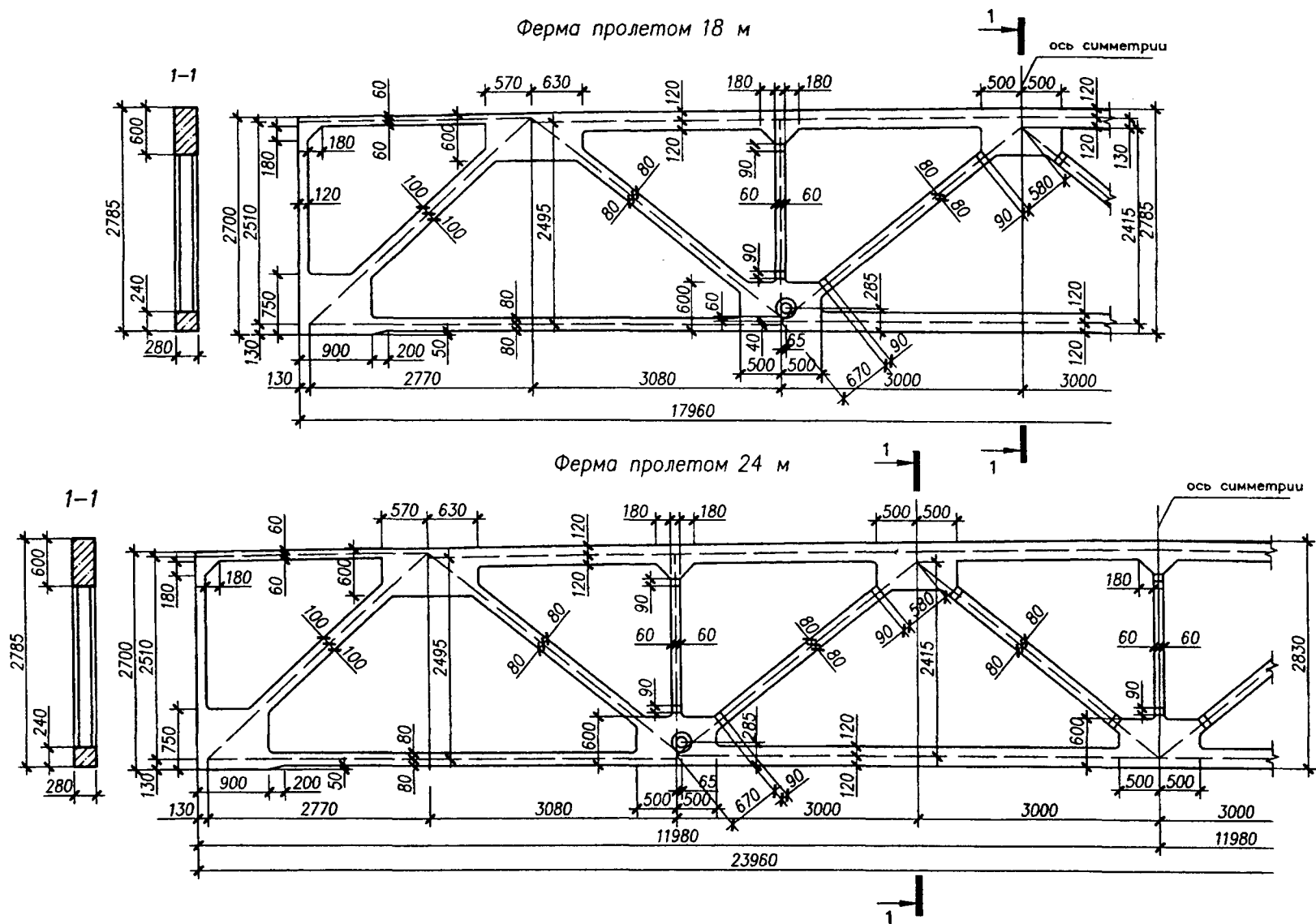
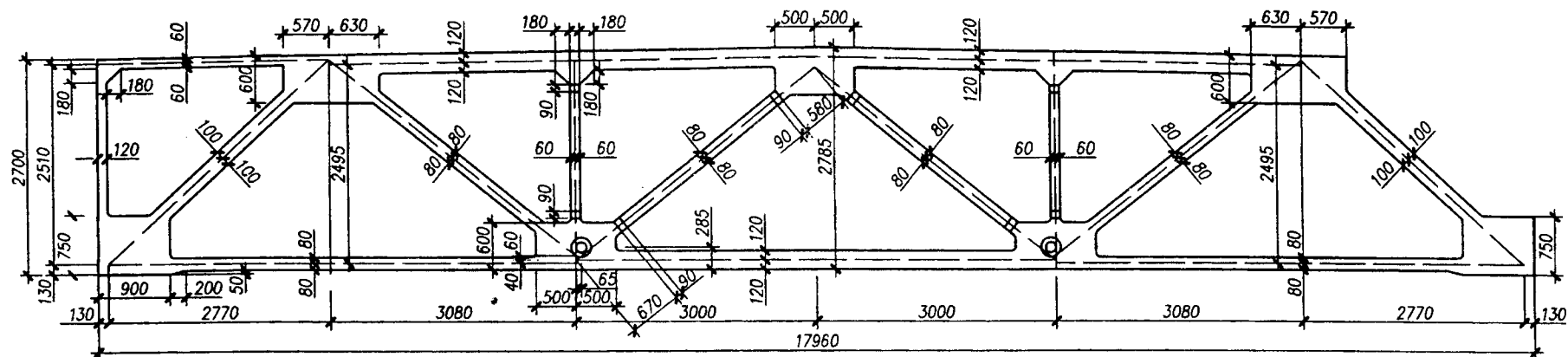


Рис. 2.31. Полигональные рядовые железобетонные фермы (первого типа)

Асимметричная ферма пролетом 18 м с пониженной высотой на одной из опор



Симметричная ферма пролетом 18 м с пониженной высотой на двух опорах

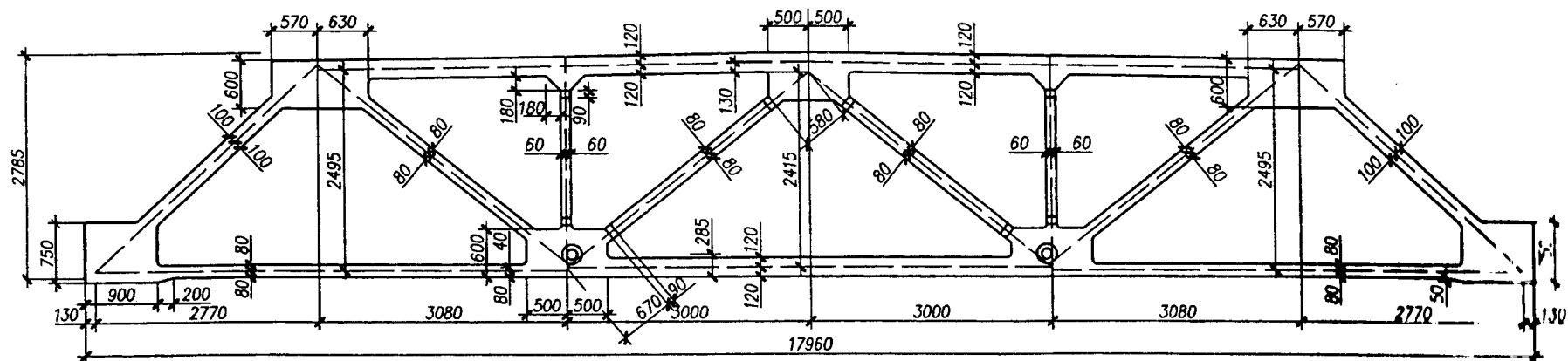


Рис. 2.32. Полигональные железобетонные фермы с пониженной высотой на опорах (второго и третьего типа)

Шаг стропильных ферм 6 или 12 м. Расстояние между узлами верхнего пояса железобетонных ферм обычно принимается равным 3 м, что соответствует ширине типовых железобетонных ребристых плит покрытия и обеспечивает узловую передачу усилий.

Стропильные фермы устанавливают на железобетонные колонны или на подстропильные фермы пролетом 12 или 18 м (рис. 2.33). Подстропильные фермы для скатного покрытия принимаются по серии ПК-01-110/81, а для малоуклонного покрытия – по серии 1.463.1-4/87.

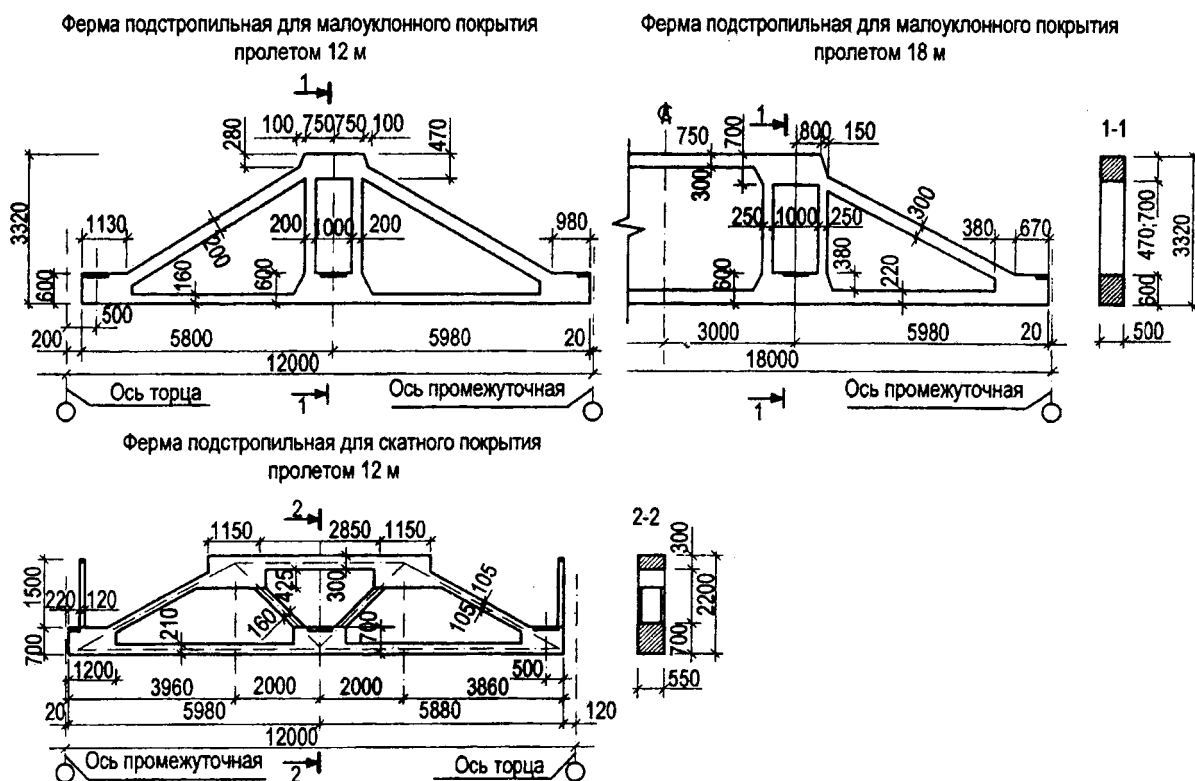


Рис. 2.33. Подстропильные железобетонные фермы

В зданиях с подстропильными конструкциями применяют колонны средних рядов, укороченные на 700 или 600 мм, т. е. на высоту опорной части подстропильных конструкций.

Для крепления ферм к колоннам (подстропильным фермам), для приварки к фермам плит покрытия, рам фонарей, связей, крепления конструкций стен и путей подвешного транспорта в них предусмотрены соответствующие стальные закладные детали.

Подстропильные конструкции устанавливают вдоль здания по верху колонн и крепят к ним сваркой закладных деталей. В местах опирания на подстропильные конструкции стропильных балок или ферм предусмотрены стальные закладные детали. Узлы опирания стропильных конструкций приведены на рис. 2.34–2.37.

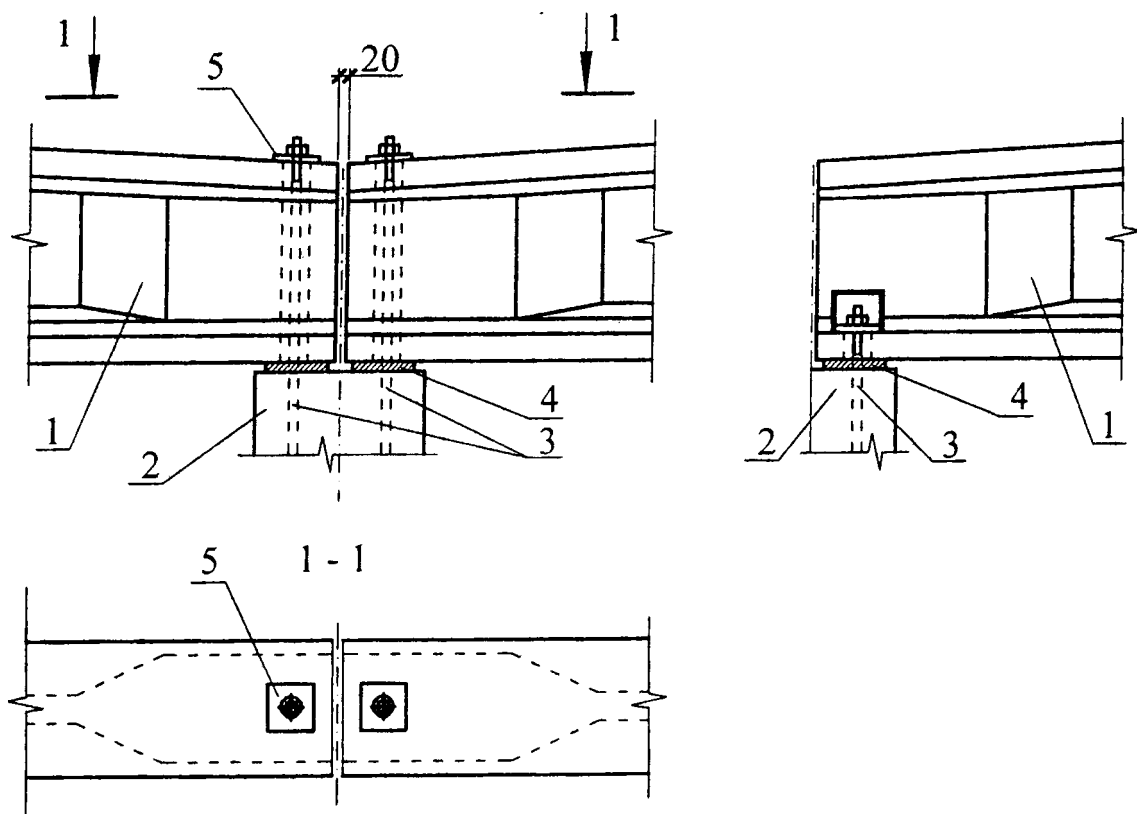


Рис. 2.34. Варианты узлов сопряжения двутавровых балок с колонной:

1 – двускатная двутавровая балка; 2 – колонна; 3 – анкерные болты;

4 – неопреновая прокладка толщиной 10–20 мм;

5 – стальная пластина 12×140×140 мм

Общая устойчивость ферм и покрытия в процессе эксплуатации здания обеспечивается жестким диском замоноличенного настила и, при высоте стропильных конструкций на опоре более 900 мм, стальными вертикальными связями, устанавливаемыми в торцах температурных блоков в плоскости опорных стоек ферм (пункт 5.3).

К безраспорным конструкциям можно также отнести конструкции покрытия с **плитами «на пролет»**, выполняющие функции несущих и несуще-ограждающих конструкций покрытия. Крупноразмерные железобетонные плиты КЖС, П, Т, 2Т или коробчатые настилы длиной 18 или 24 м и шириной 3 м укладывают в направлении пролета на подстропильные конструкции в виде балок или ферм пролетом 6 или 12 м (рис. 2.38).

Таким образом, каркас здания с покрытиями такого типа состоит из колонн, жестко заделанных в фундаменты, подстропильных конструкций, установленных на колонны в продольном направлении, и крупноразмерных плит, перекрывающих пролет здания.

Крепление плит к подстропильным конструкциям осуществляется путем сварки закладных деталей плит и подстропильных балок или ферм. Плиты-оболочки КЖС опираются на подстропильные конструкции через листовые шарниры, исключая защемление плит на опоре.

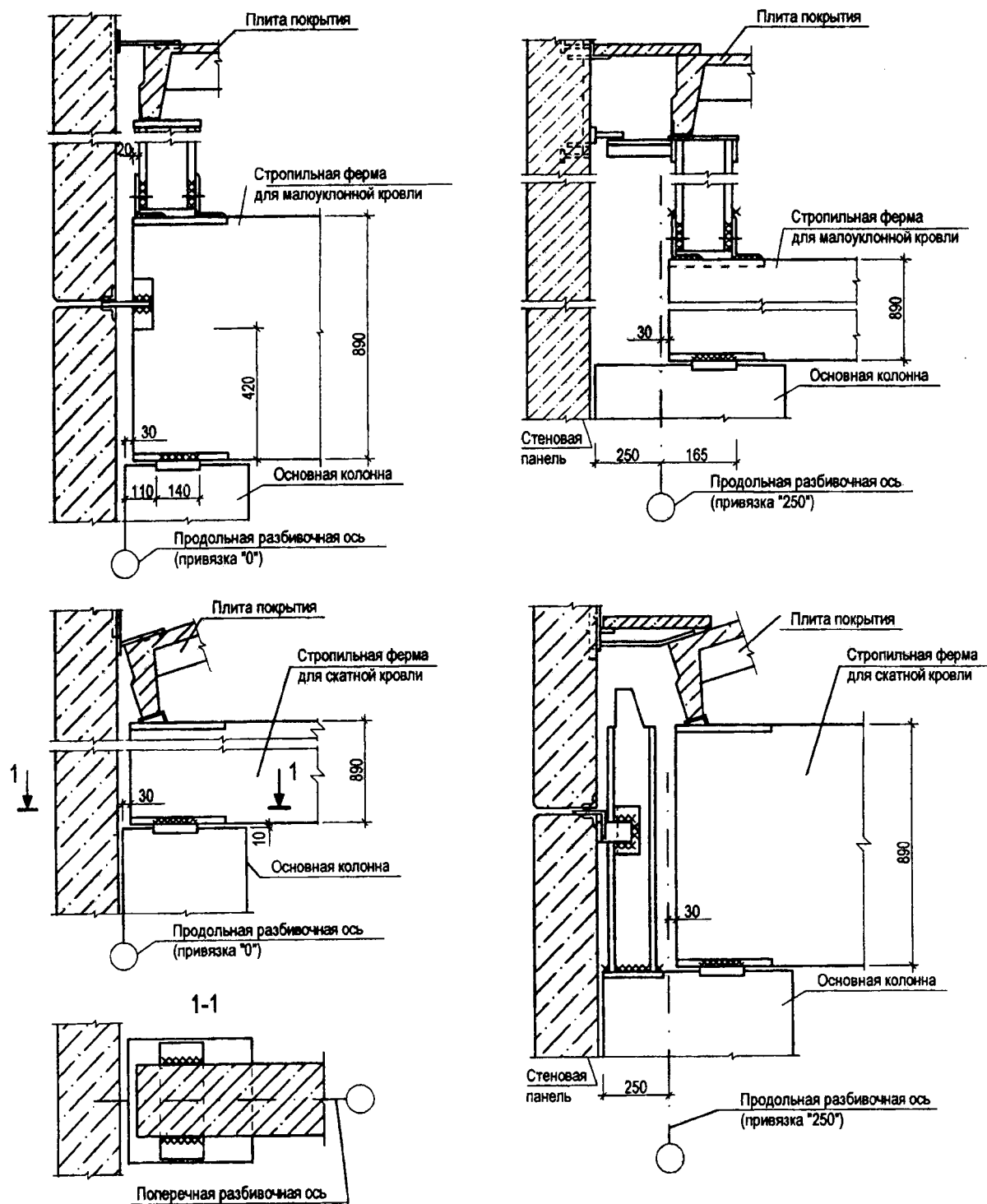


Рис. 2.35. Узлы опирания стропильных ферм на колонны

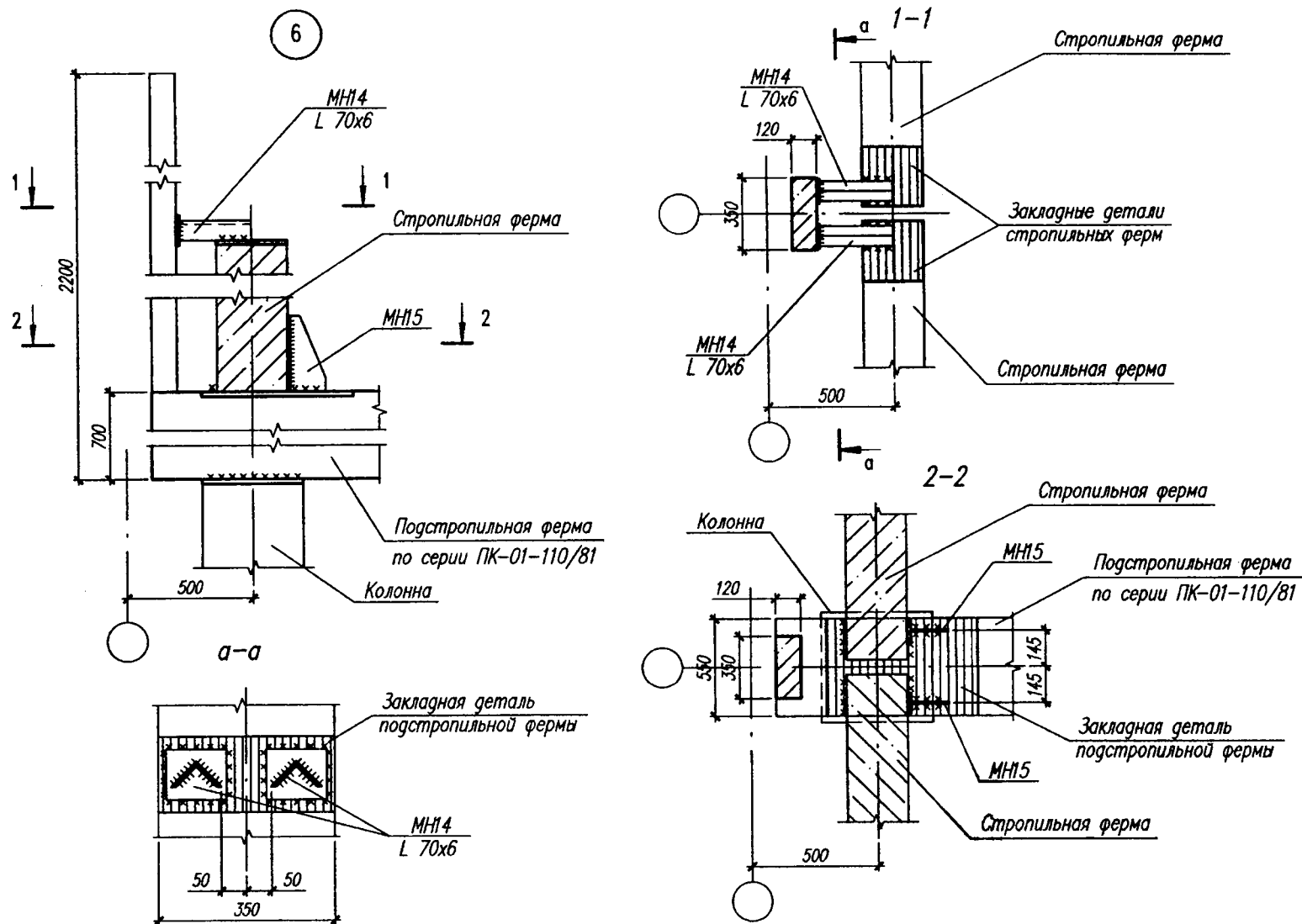


Рис. 2.36. Узел опирания стропильной фермы для скатной кровли на подстропильную ферму в торце здания

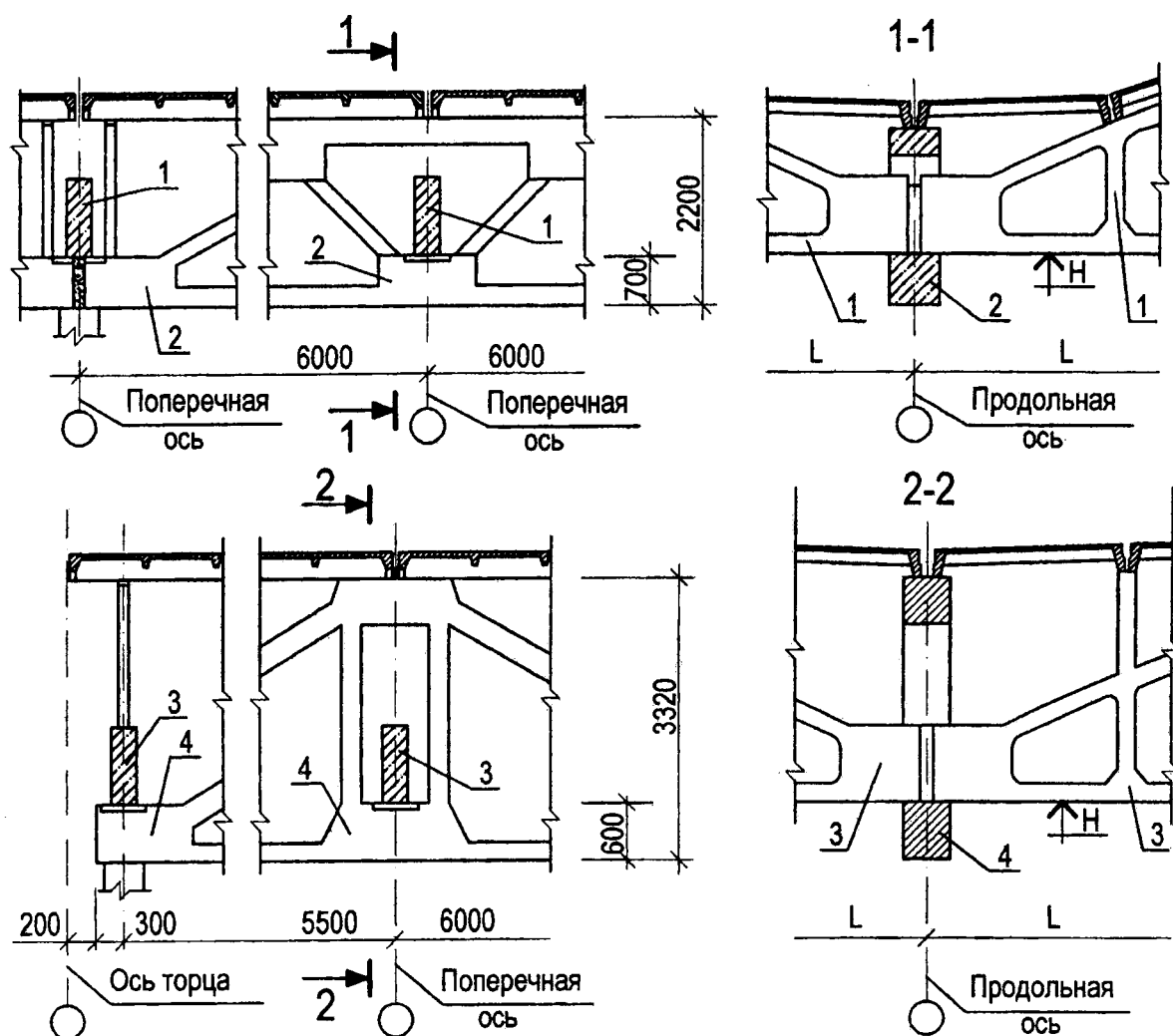


Рис. 2.37. Опираие стропильных ферм на подстропильные:

- 1 – стропильная ферма для скатной кровли;
- 2 – подстропильная ферма для скатной кровли;
- 3 – стропильная ферма для малоуклонной кровли;
- 4 – подстропильная ферма для малоуклонной кровли;
- Н – отметка низа стропильных конструкций

Аксонометрия конструкций "на пролет"  
на примере плит КЖС

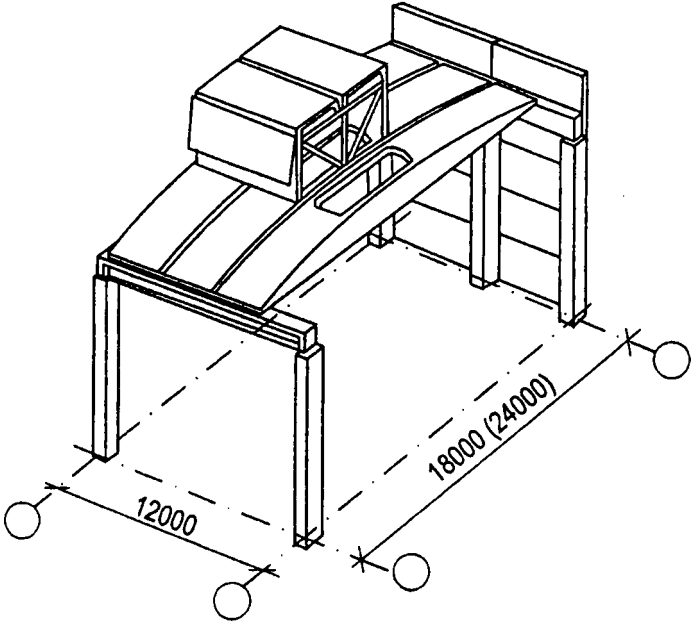
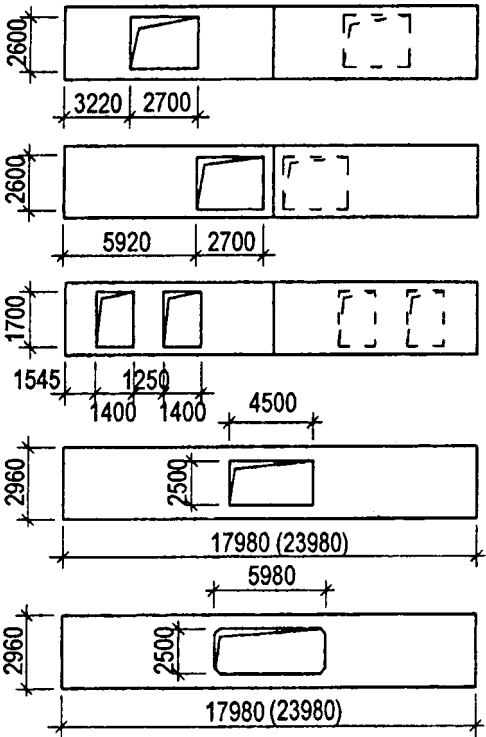


Схема размещения отверстий  
под фонари (плиты ПФ и ПС)



Подстропильные конструкции для плит "на пролет"

Эскиз	Серия	L, мм	H, мм	B, мм
	1.462.1-18 вып.1	5960	600	250
	1.462.1-18 вып.1	5960	600	250
	1.462.1-18 вып.1	11960	1200	380
	1.463.1-15 вып.2	11960	1800	500

Рис. 2.38. Общий вид, схемы размещения отверстий в плитах «на пролет»  
и подстропильные конструкции



Конструктивное решение и узлы опирания плит П и КЖС приведены на рис. 2.39–2.42.

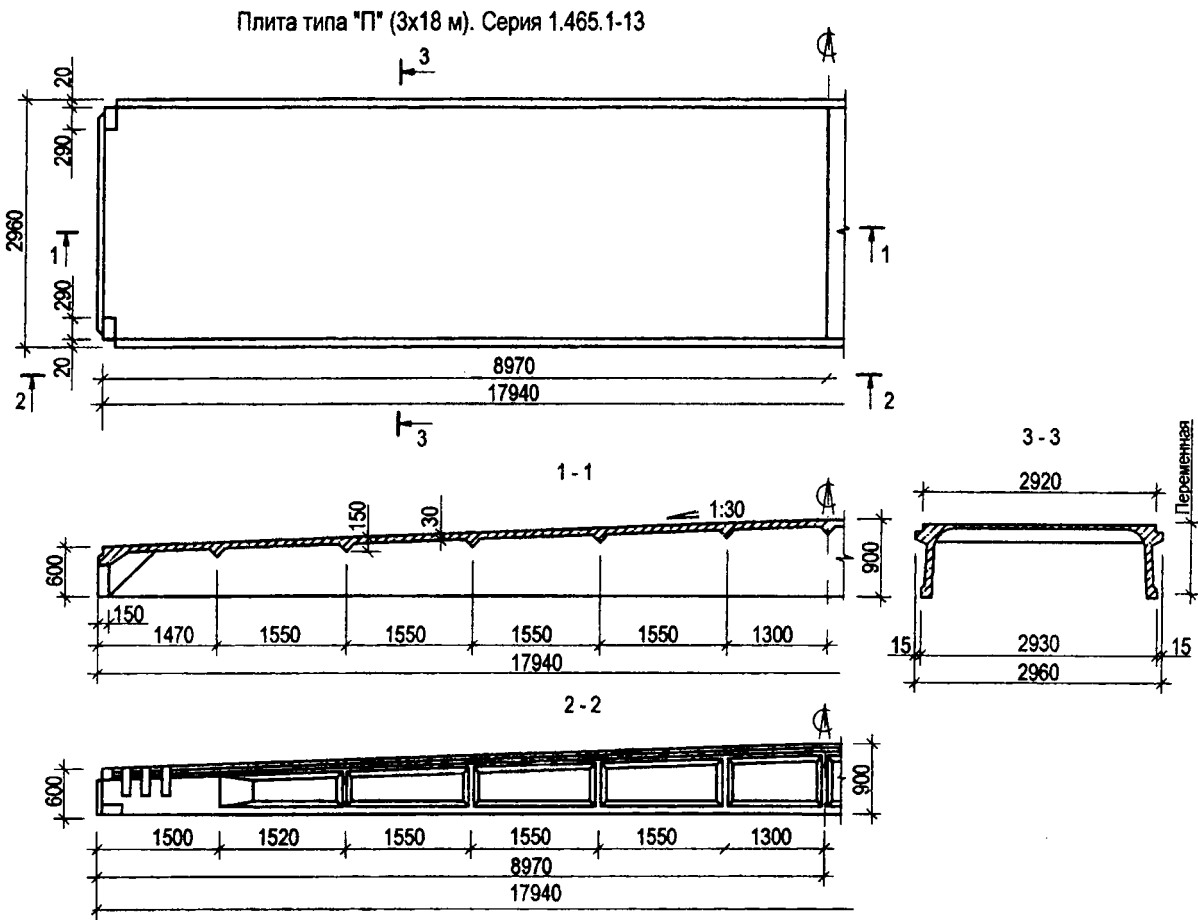


Рис. 2.39. Габаритные размеры плит типа «П»

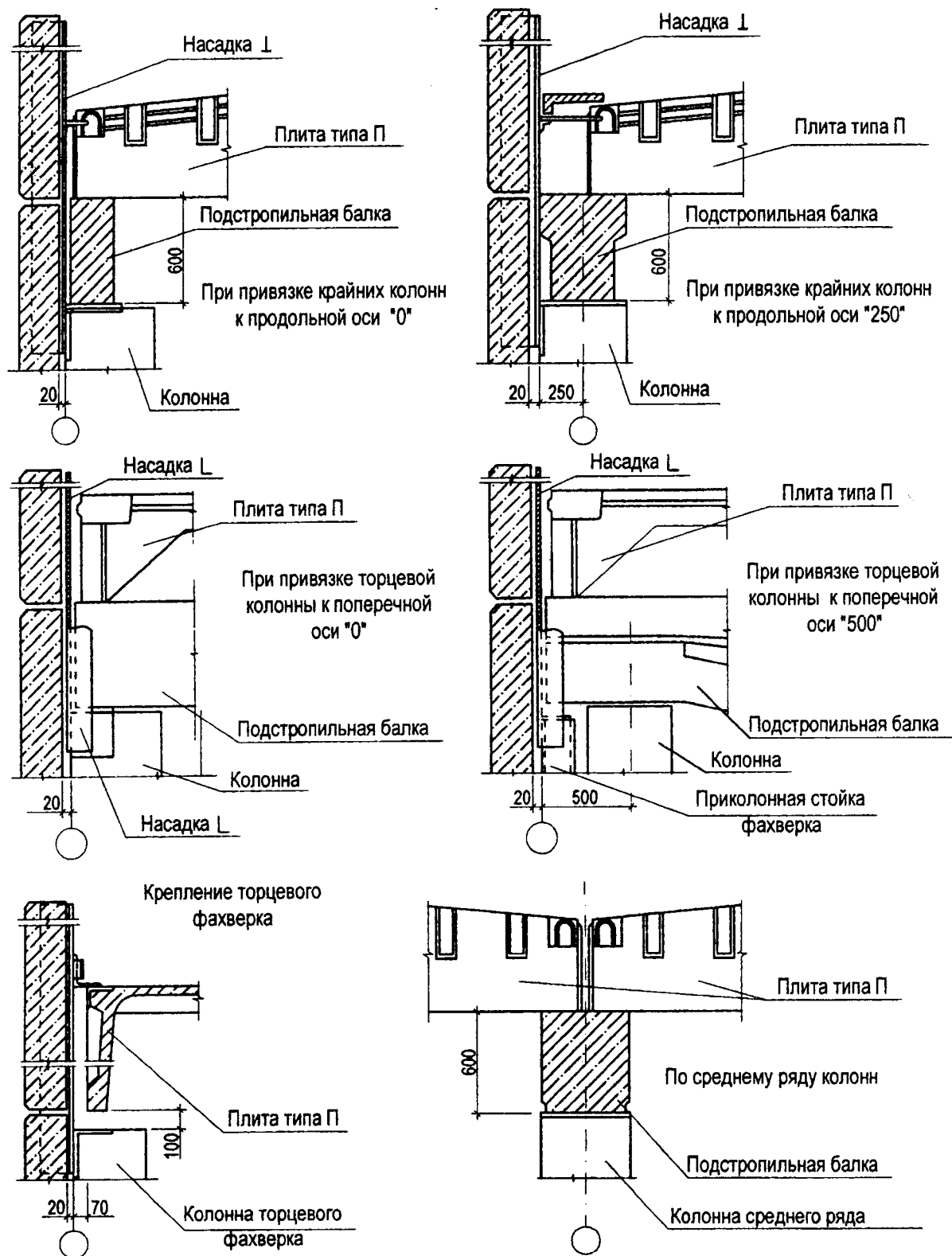


Рис. 2.40. Узлы опирания плит типа «П»



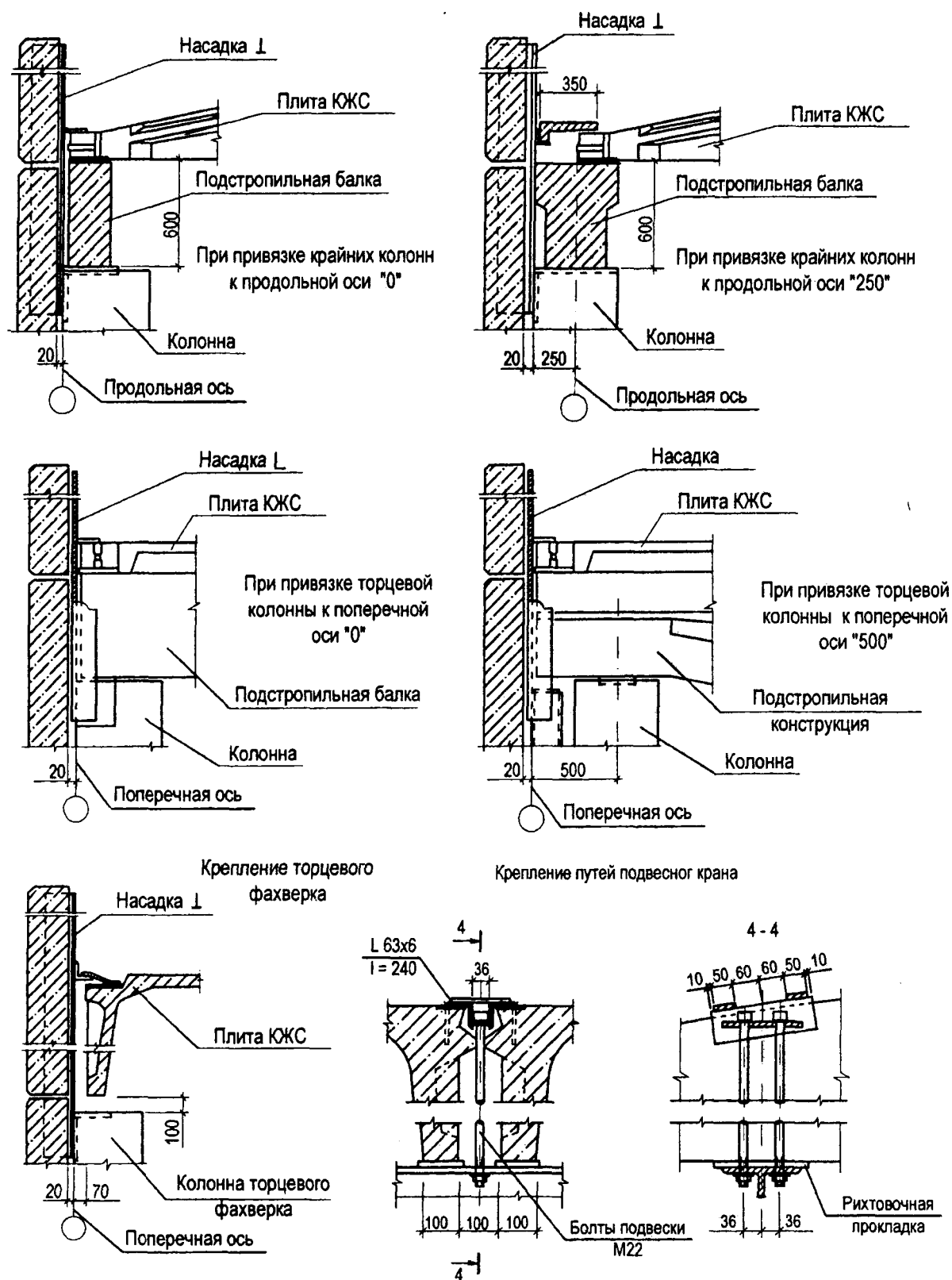


Рис. 2.42. Опорные узлы и узел крепления путей подвесного крана к плитам КЖС

Габаритные размеры плит типа «2Т» и коробчатых настилов-воздуховодов даны на рис. 2.43.

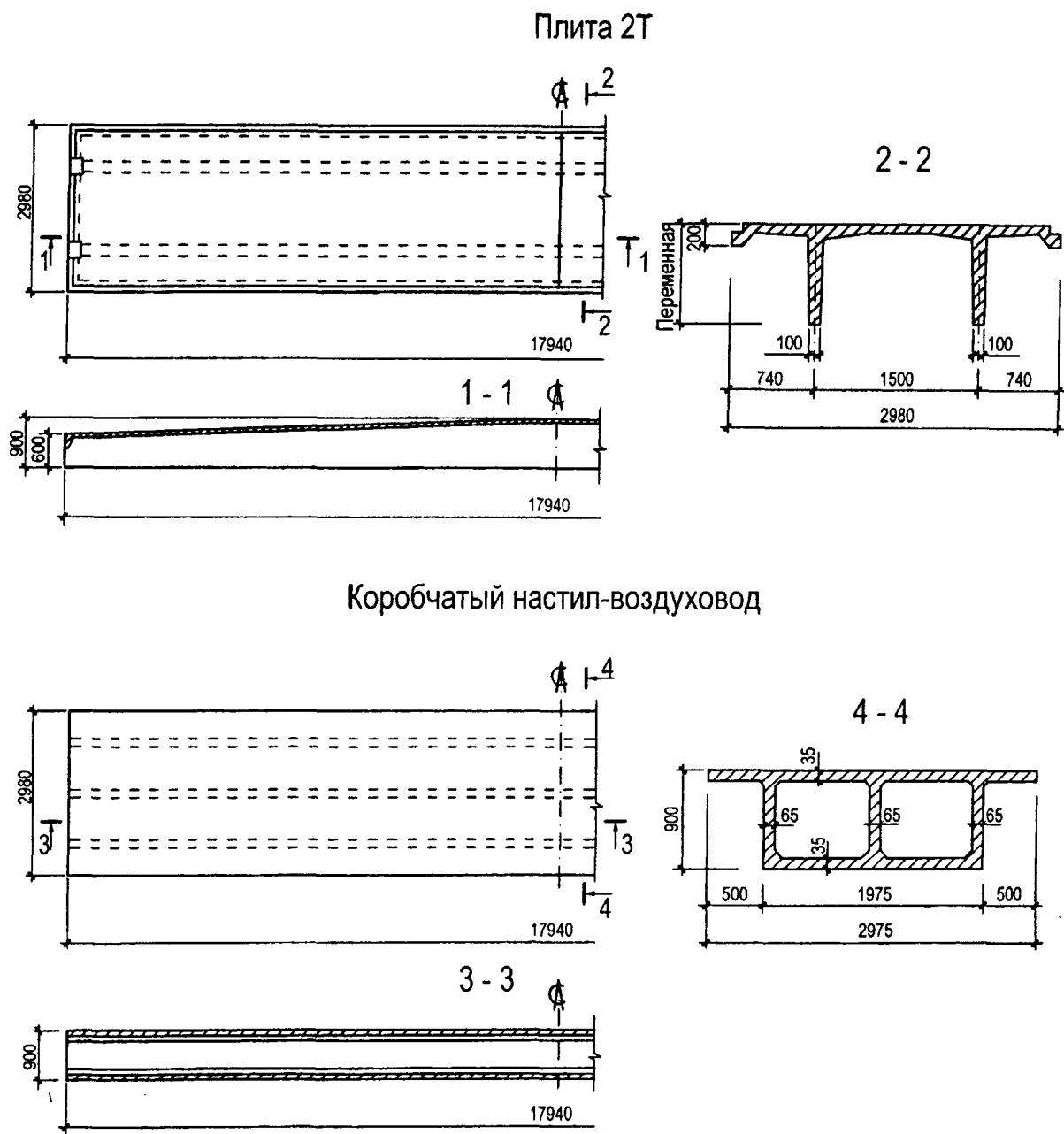
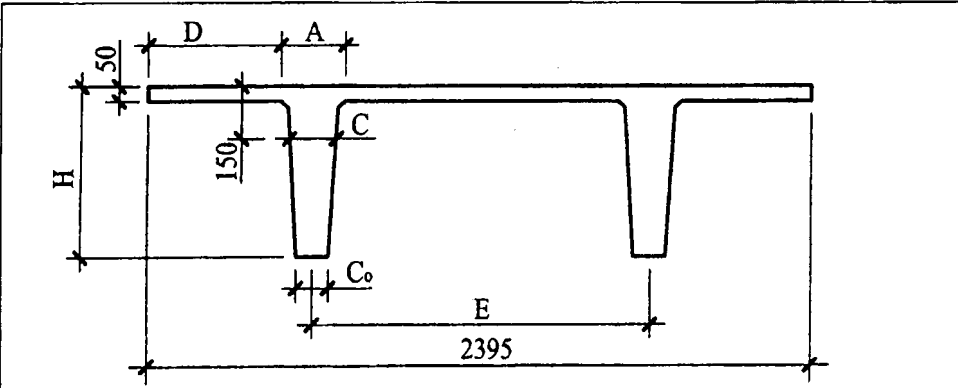


Рис. 2.43. Габаритные размеры плит типа «2Т»  
и коробчатого настила

В настоящее время различные модификации плит 2Т производят заводы международного концерна Consolis SAS на территории Эстонии, Литвы и других стран Европы. В качестве примера можно привести плиты ТТ, выпускаемые заводами компании E-Betonelement (табл. 2.9). В таблице даны основные размеры плоских плит ТТ шириной 2,4 м, которые могут быть использованы при пролетах от 12 до 20 м.

Габаритные размеры плит ТТ



	$H$ , мм	$C_0$ , мм	$C$ , мм	$A$ , мм	$D$ , мм	$E$ , мм
Плиты ТТ	500	120	147	189	490	1227
		165	192	234	444	1274
		215	242	284	394	1324
	600	120	156	198	480	1236
		165	201	243	435	1283
		215	251	293	385	1333
	700	120	165	207	471	1245
		165	210	250	426	1292
		215	260	302	375	1342

Плиты НТТ той же компании имеют ширину 3,0 м. Их выполняют двускатными с уклонами скатов 1:40 и высотой в середине пролета 1100 мм. В зависимости от величины действующей нагрузки перекрываемый пролет может достигать 30 м. Габаритные размеры плит НТТ и варианты крепления путей подвешного транспорта к плитам приведены на рис. 2.44 и 2.45.

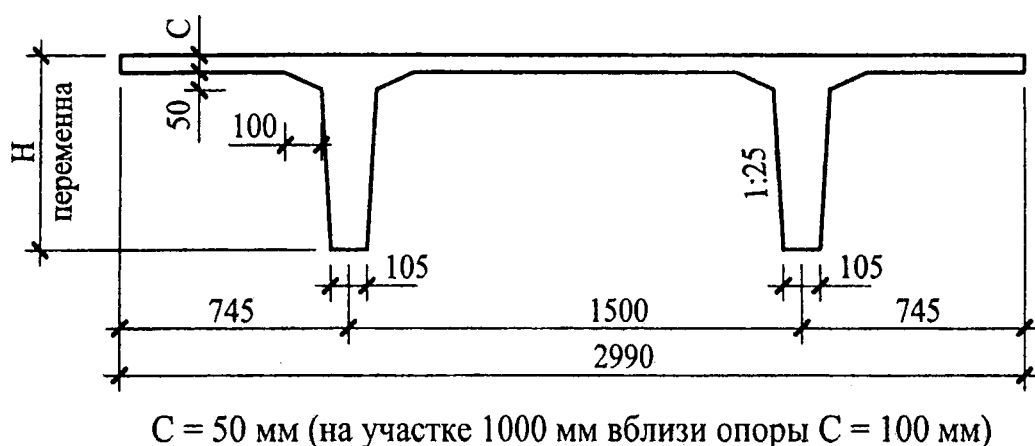


Рис. 2.44. Габаритные размеры плит НТТ  
компании E-Betonelement

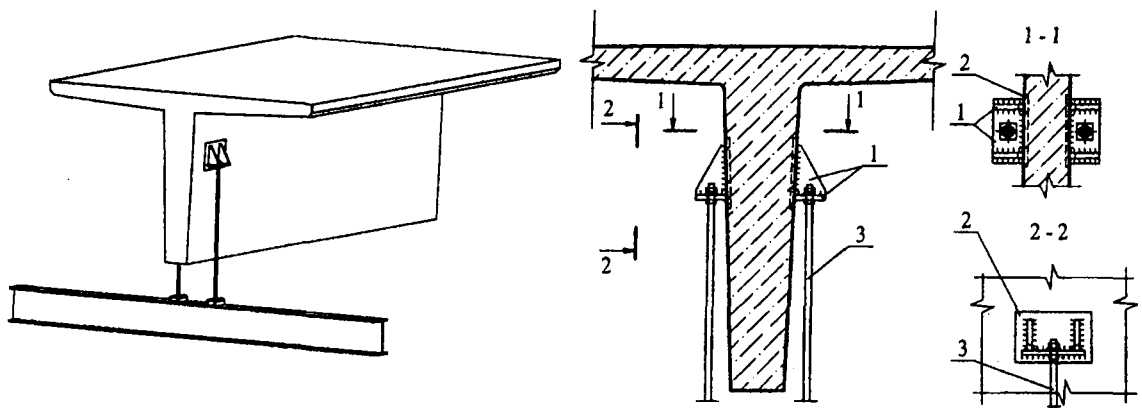


Рис. 2.45. Вариант крепления путей подвешного транспорта к плитам Т и ТТ:  
1 – опорный столик; 2 – закладная деталь ребра плиты 2Т; 3 – стальной тяз

## 2.4. Деревянные плоскостные безраспорные конструкции

В связи с тем, что стандартные пиломатериалы имеют ограниченные размеры (длина не превышает 6–6,5 м), в покрытиях промышленных зданий применяют составные деревянные конструкции, т. е. конструкции, получаемые путем соединения деревянных элементов.

**Балки.** В последние годы особенно широкое применение получили клееные деревянные балки (рис. 2.46). Такие дощато-клееные балки получают путем склеивания в заводских условиях синтетическим клеем досок толщиной не более 33 мм для балок криволинейного очертания и не более 42 мм для балок прямолинейного очертания.

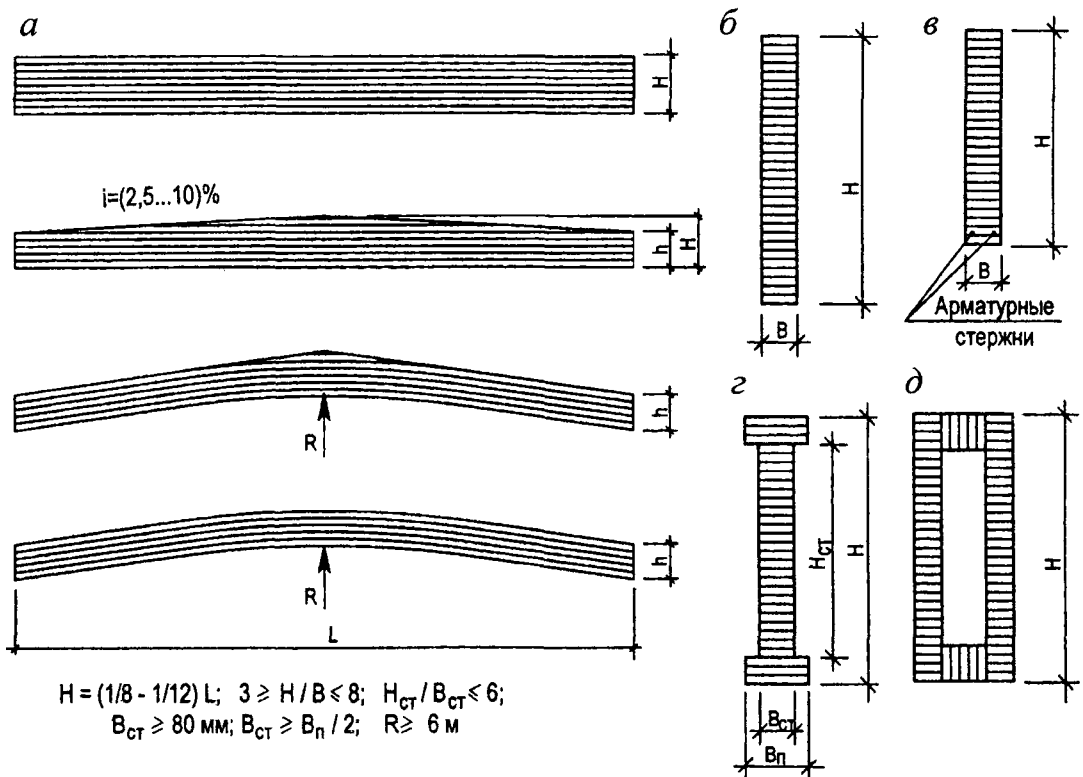


Рис. 2.46. Клееные балки:

а – наиболее часто применяемые формы; б – прямоугольное сечение; в – прямоугольное армированное сечение; з – двутавровое сечение; д – коробчатое сечение

Конструкции из клееной древесины работают как монолитные. Размеры поперечного сечения могут достигать 50 см ширины и 3 м высоты, при этом длина элемента может быть более 30 м. Однако чаще всего максимальные размеры поперечного сечения пакетов из клееных досок составляют  $300 \times 2300$  мм. Максимальные размеры клееных конструкций, поставляемых Гомельским КСК, –  $200 \times 1600$  мм и длиной до 34 м.

Конструкции из клееной древесины позволяют создавать богатые пластической сложностью объемы криволинейных очертаний. Клееные балки могут иметь практически любую конфигурацию из приведенных на рис. 2.1.

Чаще всего применяют балки прямоугольного сечения, однако возможно изготовление балок двутаврового сечения (рис. 2.46, з). Рекомендуемый пролет ( $L$ ) от 6 до 24 м.

Высоту балок на опоре  $H$  принимают равной  $1/8$ – $1/15$  пролета  $L$ . При необходимости получить меньшую высоту сечения конструкции покрытия (до  $1/17L$ ) можно использовать балки, армированные стержнями стальной или стеклопластиковой арматуры (рис. 2.46, в). Такие балки имеют большую несущую способность и могут использоваться при пролетах до 30 м.

Пролеты до 40 м можно перекрывать балками коробчатого сечения, получаемого путем соединения пакетов клееных досок (рис. 2.46, д).

При определении геометрических параметров и конфигурации дощатоклееных балок следует учитывать, что оптимальное соотношение высоты сечения  $H$  к ширине  $B$  – от 3 до 8, но не более 10. Максимальный радиус кривизны  $R_f$  зависит от толщины склеиваемых досок  $t_d$  и определяется неравенством  $R_f \leq 200t_d$ . Для балок покрытия радиус кривизны нижнего пояса обычно принимают не менее 6 м.

Более экономичными по расходу материала, но более трудоемкими в изготовлении являются балки, состоящие из фанерных стенок и дощатых поясов (клеефанерные балки). Они могут быть постоянной высоты, двускатными и с криволинейным верхним поясом, иметь двутавровое или коробчатое поперечное сечение (рис. 2.47).

Чтобы избежать потери устойчивости тонкой фанерной стенки, рекомендуется устанавливать ребра жесткости, которые следует располагать в местах передачи на балку сосредоточенных нагрузок (под прогонами покрытия) и в местах стыка фанерных листов таким образом, чтобы расстояние между ними составляло  $1/8$ – $1/10$  пролета  $L$ .

Клеефанерные балки с плоской стенкой рекомендуется применять для пролетов до 18 м, однако в практике строительства известны примеры применения таких балок пролетами до 45 м.

Применение балок с волнистой стенкой (рис. 2.48) позволяет избежать необходимости установки ребер жесткости. Такие балки чаще всего используют для перекрытия небольших пролетов (до 12 м). Высота балки назначается в пределах  $(1/10$ – $1/15)L$ , обычно не более 800 мм. Пояса балки выполняются либо из цельного бруса, либо из клееного пакета досок.



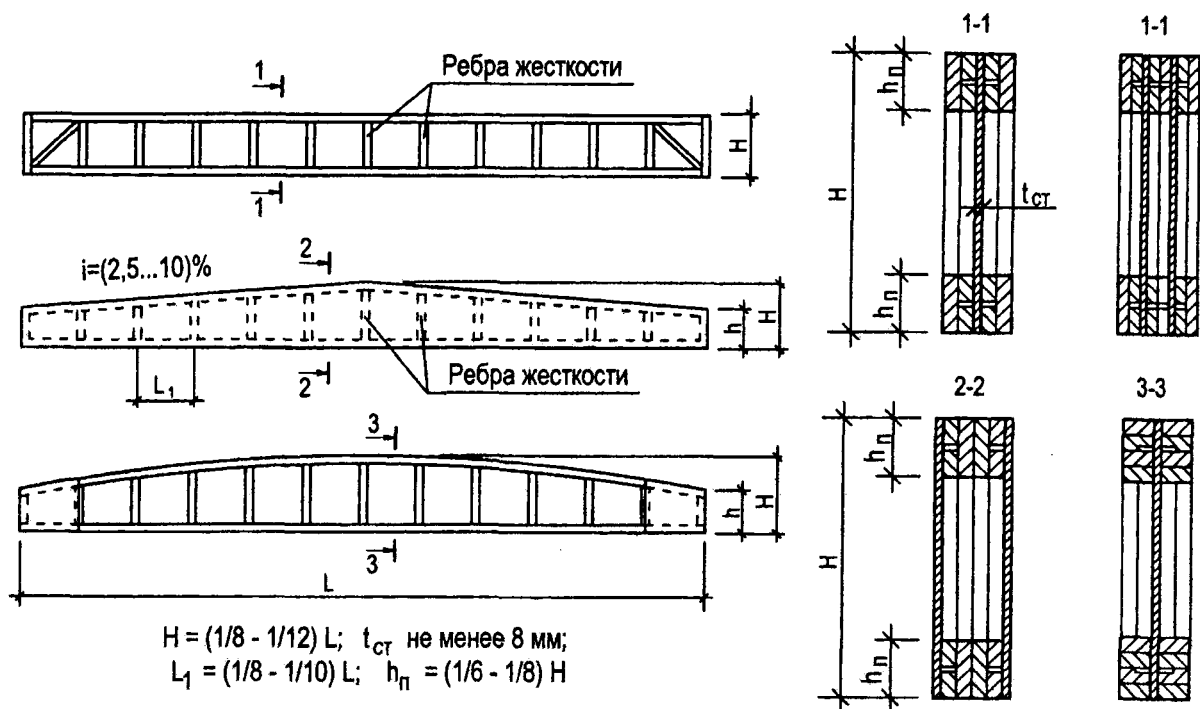


Рис. 2.47. Клеефанерные балки с плоской стенкой

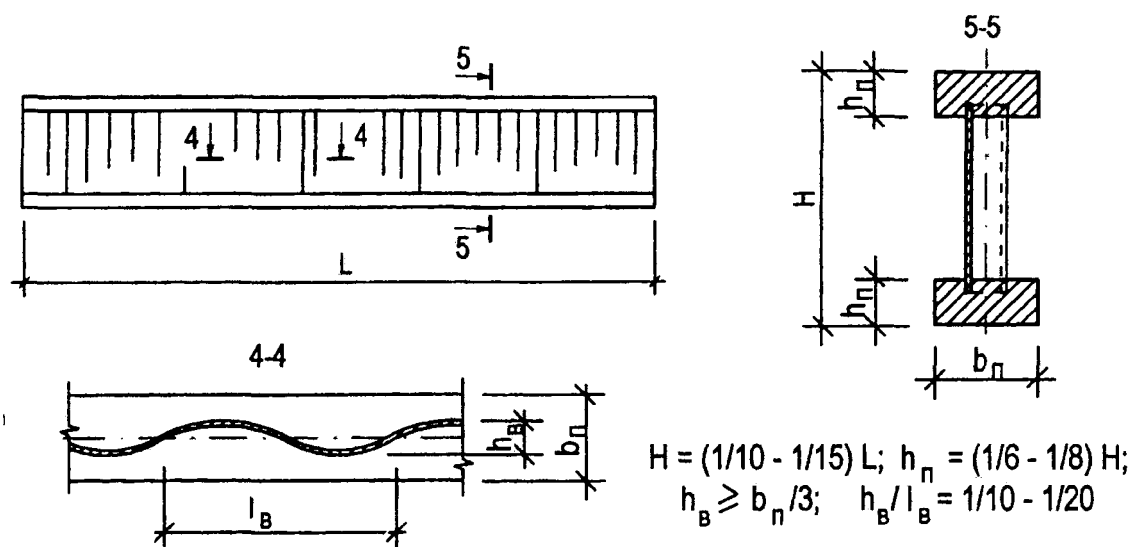


Рис. 2.48. Клеефанерная балка с волнистой стенкой

Сопряжения балок с колоннами обычно выполняются шарнирными. Крепление балок осуществляют с помощью металлических профилей, болтов и винтов (рис. 2.49).

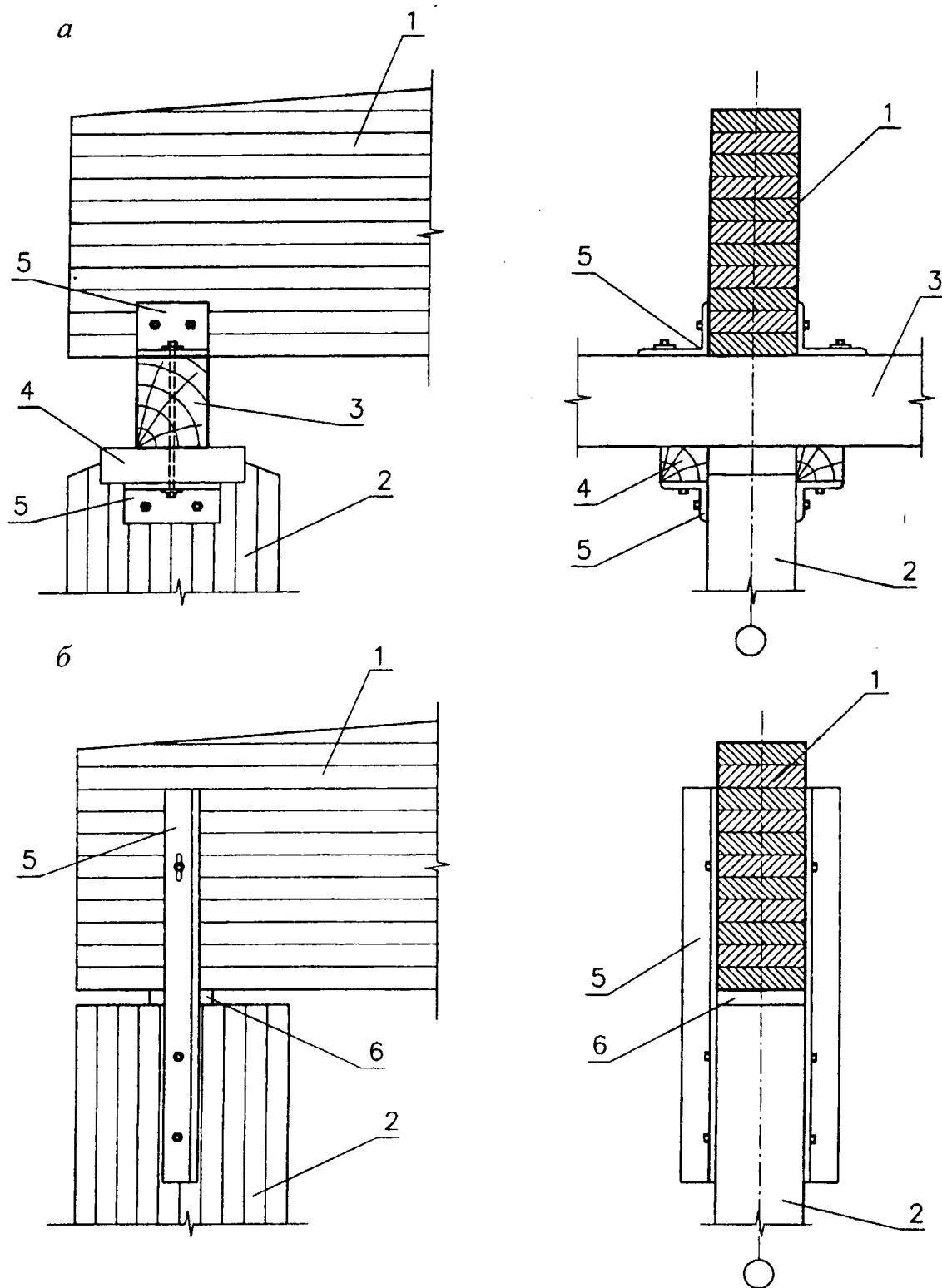


Рис. 2.49. Варианты решений опорных узлов балок:

*а* – опирание на колонну через неразрезной обвязочный брус; *б* – с помощью накладок из металлических уголков через центрирующую прокладку:

1 – дощатоклеенная балка; 2 – дощатоклеенная колонна; 3 – обвязочный брус;  
4 – подкладка из бруса; 5 – стальной уголок; 6 – центрирующая прокладка

**Деревянные фермы** чаще всего используют для перекрытия пролетов от 9 до 36 м, однако возможны и большие пролеты (до 70 м). Применяемые в покрытиях фермы могут быть из цельной древесины (все элементы вы-

полнены из брусев, бревен или досок), из клееной древесины, металлодеревянные, из фанерных труб и стеклопластикодеревянные.

Клееные заготовочные балки имеют ширину 150 мм. Высота поперечного сечения в зависимости от типа блока равна 306, 340, 408 и 442 мм. Длина прямолинейных блоков – от 7600 до 12 100 мм, криволинейных – 6500 мм. Из крупных клееных блоков собираются верхние пояса ферм с различным очертанием и различных пролетов (односкатные, треугольные, сегментные и др.).

Наибольшее распространение получили металлодеревянные сегментные фермы индустриального изготовления (серия 1,263-1, вып. 1, 2). Верхний пояс таких ферм очерчен по дуге окружности и выполнен из пакета клееных досок. Схемы типовых сегментных ферм приведены на рис. 2.50, а.

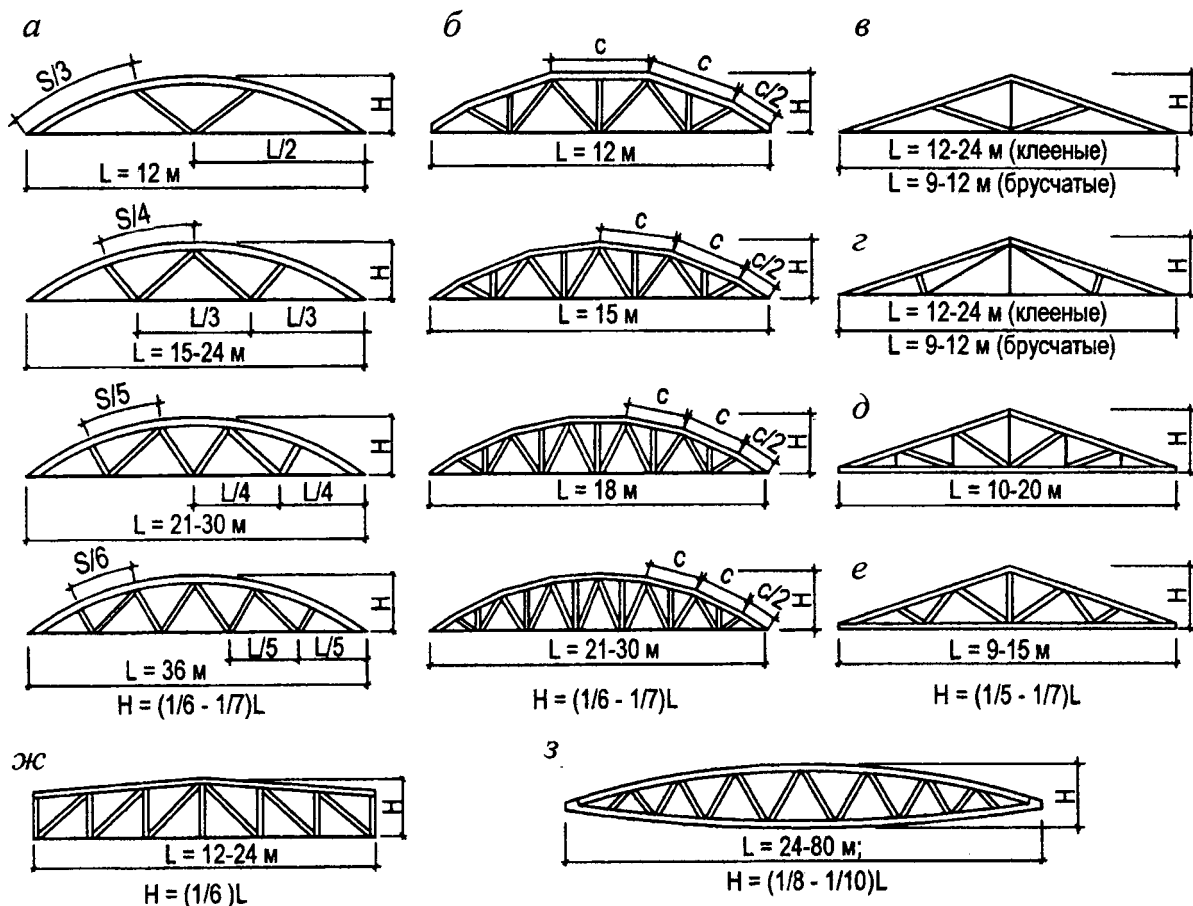


Рис. 2.50. Деревянные и металлодеревянные фермы:

а – типовые металлодеревянные сегментные; б – многоугольные брусчатые; в, г – металлодеревянные треугольные системы ЦНИИСК; д, е – треугольные на лобовых врубках; ж – трапецидальная; з – клеодощатая линзовидная ферма

Сегментные фермы могут быть изготовлены значительно больших пролетов. Нижние пояса ферм чаще всего выполняют металлическими, однако возможен вариант использования клефанерного нижнего пояса прямолинейного или криволинейного очертания. Для сегментной фермы с прямолинейным клееным нижним поясом отношение высоты к пролету рекомендуется принимать не менее  $1/6$ , а с металлическим нижним поясом – не менее  $1/7$ .

На рис. 2.51 и 2.52 даны конструктивные решения характерных узлов для металлодеревянной сегментной фермы пролетом 39 м.

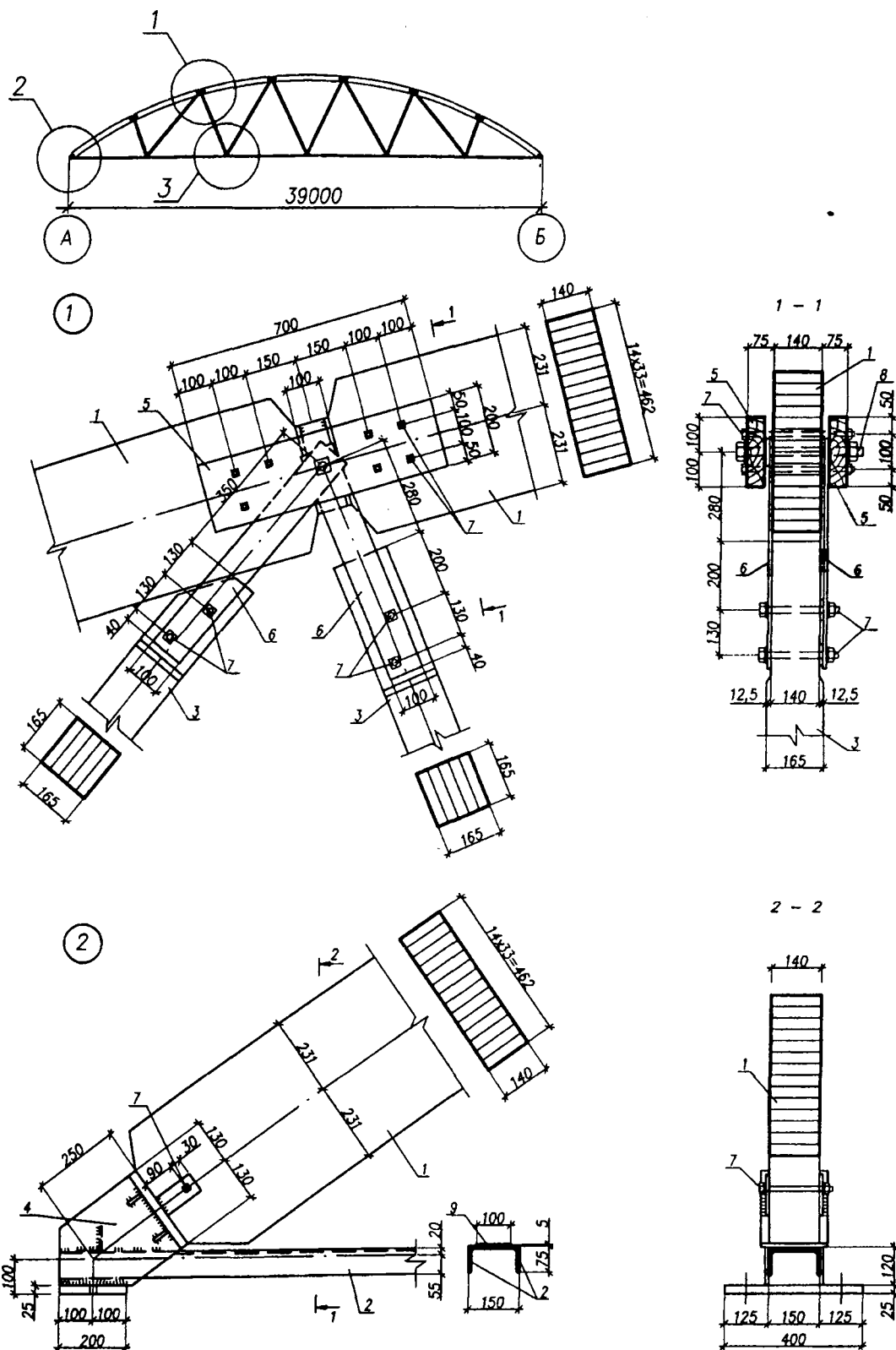


Рис. 2.51. Конструктивные решения узлов металлодеревянной сегментной фермы:

- 1 – клеadoшaтый верхний пояс фермы; 2 – нижний пояс фермы из двух уголков;  
 3 – клеadoшaтый раскос; 4 – металлический опорный башмак; 5 – деревянная накладка;  
 6 – стальные соединительные накладки; 7 – стальной болт; 8 – сквозной болт;  
 9 – соединительная планка

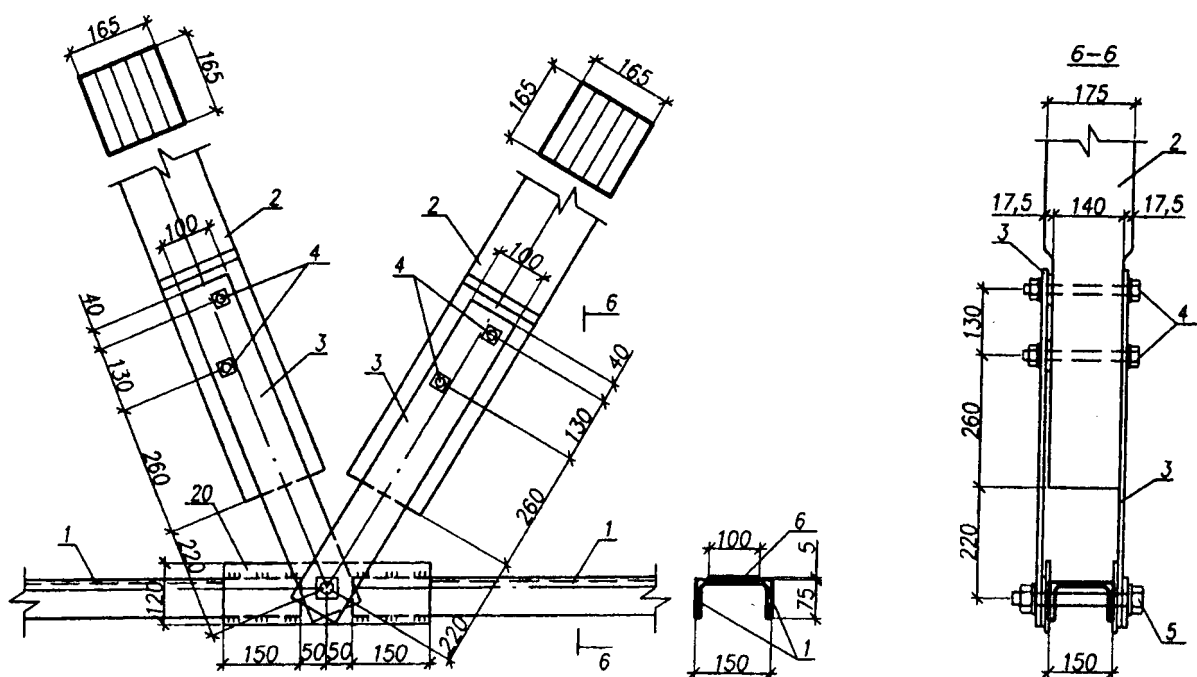


Рис. 2.52. Конструктивные решения узлов металлодеревянной сегментной фермы:

- 1 – нижний пояс фермы из двух уголков; 2 – клеодощатый раскос;  
 3 – стальные соединительные накладки; 4 – стальной болт;  
 5 – сквозной болт; 6 – соединительная планка

В многоугольных брусчатых фермах верхний пояс представляет собой многоугольник, вписанный в окружность или описанный вокруг нее. Отношение высоты к пролету назначают от  $1/6$  до  $1/7$ . Так как несущая способность верхнего пояса ограничена размерами сечения бруса и его длиной, в таких фермах применяется треугольная решетка с более частым по сравнению с сегментными фермами расположением узлов (см. рис. 2.50, б). Нижний пояс обычно выполняют из профильной стали.

Треугольные фермы чаще всего применяются в тех случаях, когда используется кровельный материал, требующий значительных уклонов. Высота треугольных ферм назначается равной  $1/5$ – $1/7$  пролета. Уклон верхнего пояса принимают от  $1/2,5$  до  $1/4$ . Схемы ферм приведены на рис. 2.50, в–е.

Верхний пояс треугольных металлодеревянных ферм системы ЦНИИСК (серия 1.860-3) выполняют из брусьев или клееных пакетов досок. Нижний пояс обычно делают из профильной или круглой стали, но также возможен вариант использования пакета клееных досок. Сжатые раскосы (рис. 2.50, в) и стойки (рис. 2.50, г) выполняют из брусьев или клееными, а растянутые стойку и раскосы – из круглой стали.

Треугольные фермы на лобовых врубках (рис. 2.50, д) изготавливают из брусьев или бревен в построечных условиях. Это один из самых старых типов деревянных конструкций построечного изготовления, не потеряв-

ших актуальности в настоящее время. Чаще всего в таких фермах из круглой стали выполняют только растянутые стойки.

Фермы проектируют с минимально возможным числом узлов.

Шаг дощатых ферм в малоэтажном домостроении назначают от 0,5 до 2 м, шаг брусчатых и металлодеревянных ферм в покрытиях зданий – от 2 до 6 м.

При выборе конструкции покрытия следует учитывать назначение помещений и требования пожарной безопасности. Решетчатые конструкции не рекомендуется применять в условиях повышенной химической агрессивности среды, т. к. агрессивная пыль накапливается на горизонтальных поверхностях элементов конструкций и, соединяясь с водой, образует кислоты и щелочи, ускоряющие процесс разрушения древесины. Применение в фермах элементов небольшого поперечного сечения повышает пожарную опасность здания. Наличие в фермах металлических соединительных элементов, а также растянутых металлических стержней в металлодеревянных фермах также снижает стойкость деревянных конструкций к воздействию агрессивной среды и огня.

### 3. ПЛОСКОСТНЫЕ РАСПОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

#### 3.1. Общие сведения

Основным отличием распорных конструкций от безраспорных, передающих на опоры только вертикальные нагрузки, является наличие распора. **Распором** называется горизонтальная составляющая опорной реакции, которая возникает при действии вертикальной нагрузки.

К основным распорным конструкциям относятся рамы и арки.

**Рамами** называют плоские стержневые конструкции, состоящие из стоек (вертикальных или наклонных элементов) и ригелей (прямолинейных, ломаных или криволинейных пролетных элементов). Геометрические схемы рам приведены на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Геометрические схемы рам

Стойки и ригели соединяются между собой жестко, благодаря чему при действии нагрузки на какой-либо один элемент включаются в работу все элементы рамы, т. е. происходит перераспределение усилий. Это позволяет уменьшить высоту сечения ригеля, а следовательно, более эффективно использовать материал конструкции.

В статическом отношении рамы могут быть трехшарнирными, двухшарнирными и бесшарнирными (см. рис. 1.2). В зависимости от количества пролетов рамы могут быть однопролетными и многопролетными. По величине пролета различают рамы с малыми пролетами (до 15–18 м), со средними пролетами (18–36 м) и большепролетные (от 36 до 100–120 м).

**Арка** – это конструкция криволинейного или ломаного очертания, перекрывающая пролет между двумя опорами. Характерной особенностью арок является их работа преимущественно на сжатие. Характер работы материала арки во многом определяется ее очертанием и статической схемой.

Наиболее часто применяются арки круговые, параболические, стрельчатые и треугольные (рис. 3.2). Однако возможно использование и других кривых или ломаных, состоящих из отрезков различной кривизны. По статической схеме арки также могут быть трехшарнирными, двухшарнирными и бесшарнирными (рис. 3.3).

Бесшарнирные рамы и арки наиболее экономичны с точки зрения расхода материала, однако они особенно чувствительны к неравномерным осадкам опор и их рекомендуется применять только на надежных основаниях. Величина распора в них наименьшая по сравнению с другими статическими схемами.

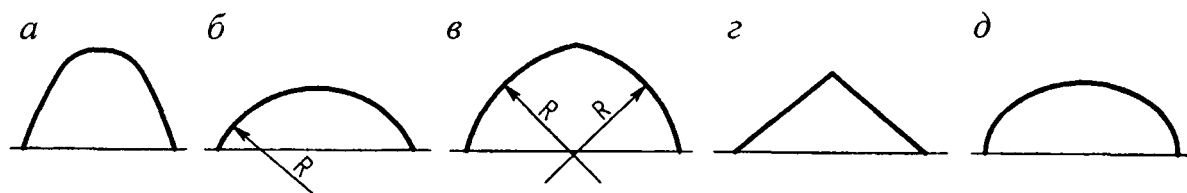


Рис. 3.2. Очертания арок:

*a* – параболическая; *б* – круговая; *в* – стрельчатая; *г* – треугольная; *д* – эллиптическая

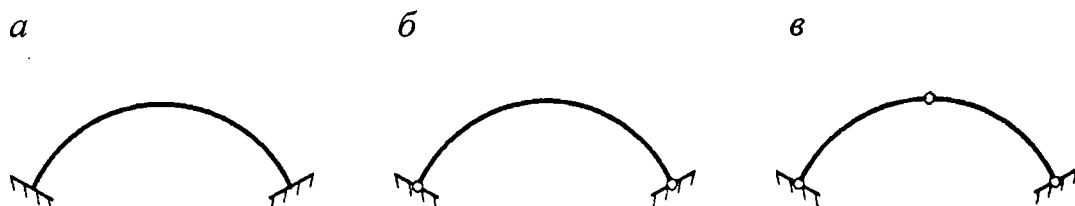


Рис. 3.3. Статические схемы арок:

*a* – бесшарнирная; *б* – двухшарнирная; *в* – трехшарнирная

Двухшарнирные и трехшарнирные рамы и арки менее чувствительны к осадкам опор, чем бесшарнирные, но величина распора у них больше (чем больше шарниров, тем больше распор). Наличие шарниров значительно упрощает членение их на сборные элементы.

При прочих равных условиях арки имеют больший распор, чем рамы. Величина распора зависит также от кривизны арки: чем более пологая арка, тем больше распор. Таким образом, максимальный распор возникает в опорных узлах пологих арок.

Чтобы избежать передачи распора на нижележащие конструкции (колонны, стены, фундаменты) в уровне опорных шарниров арок можно предусматривать установку стальных затяжек (рис. 3.4, *a*). В большепролетных арках затяжка может располагаться под полом.

При отсутствии затяжек распор передается на грунт. При этом арки могут опираться непосредственно на фундаменты, имеющие развитую в направлении действия распора подошву (рис. 3.4, *б*), на рамные конструкции пристроек или на усиленные контрфорсами стены, передающие усилия на фундаменты.

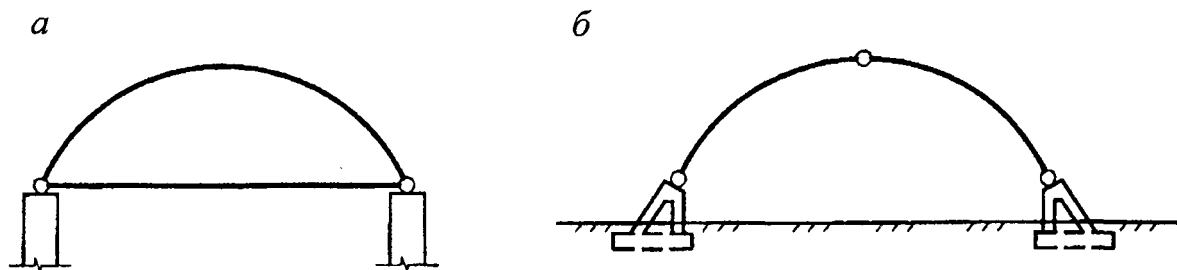


Рис. 3.4. Варианты передачи распора:

*a* – на затяжку; *б* – на рамную конструкцию фундамента



Несколько снизить величину максимального изгибающего момента в арке или ригеле рамы и одновременно уменьшить распор позволяют разгружающие консоли (рис. 3.5).

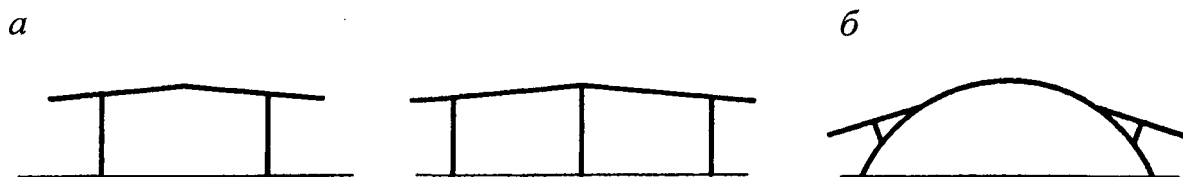


Рис. 3.5. Консольные распорные конструкции:  
*а* – консольные рамы; *б* – консольная арка

Все плоскостные распорные конструкции обладают достаточной жесткостью в своей плоскости. В продольном направлении пространственная жесткость обеспечивается таким же образом, как и в зданиях с плоскостными безраспорными конструкциями, т. е. несуще-ограждающими конструкциями покрытия, вертикальными и горизонтальными связями (раздел 5).

В настоящем пособии рассмотрены наиболее часто применяемые в промышленном строительстве плоскостные распорные конструкции из металла и дерева. Железобетонные рамы применяют главным образом в объектах сельскохозяйственного назначения (Серия 1.822.1-6. Железобетонные рамы для однопролетных сельскохозяйственных производственных зданий с уклоном кровли 1 : 4) и не рассматриваются в пособии.

### 3.2. Металлические плоскостные распорные конструкции

**Рамные** металлические конструкции отличаются большим разнообразием статических схем, количеством пролетов, конфигурацией и т. д., что позволяет строить здания самого различного назначения и размеров.

На рис. 3.6 приведены некоторые типы плоских и пространственных стальных рамных конструкций. Статические схемы рамных конструкций приведены на рис. 3.7.

Чаще всего сечения рамных конструкций выполняют сплошными двутаврового или коробчатого сечения. Некоторые возможные варианты сплошных сечений стальных рам приведены на рис. 3.8.

Использование того или иного вида рам, их статической схемы и типа сечения определяется размерами и конфигурацией проектируемого здания, наличием соответствующего технологического оборудования для изготовления конструкций и другими факторами.

В зависимости от расчетной схемы рамы ригели выполняют постоянного или переменного сечения. В двухшарнирных рамах (рис. 3.7, в) высоту ригеля постоянного сечения принимают равной  $1/30$ – $1/40$  пролета. Стойки обычно имеют переменное сечение, уменьшающееся к опорам.

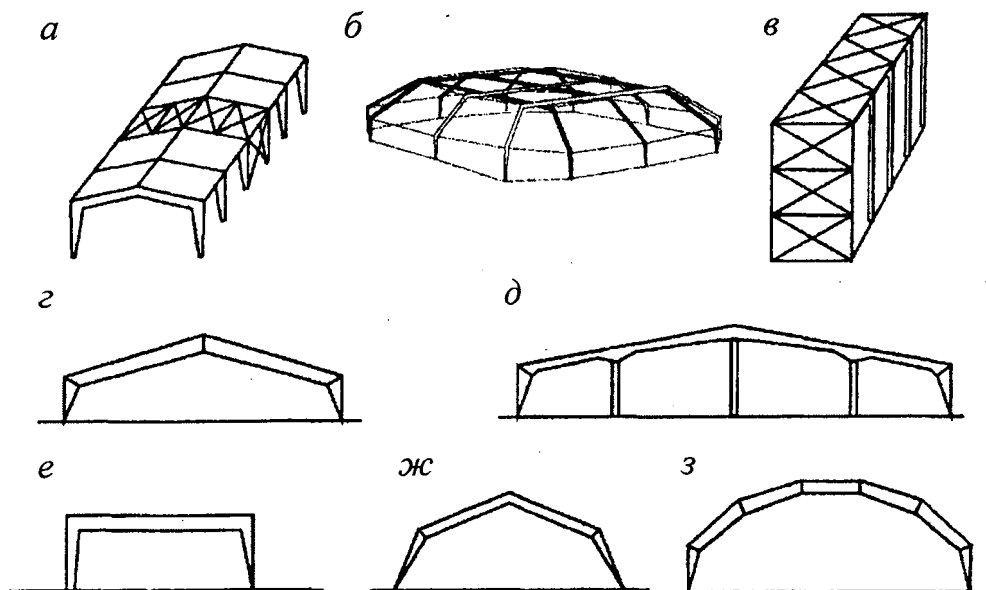


Рис. 3.6. Типы рамных конструкций:

*a* – каркас из плоских рам; *б* – из пространственных рам; *в* – пространственный каркас из плоских рам и силовых пространственных связей; *г* – однопролетная рама; *д* – многопролетная рама; *е* – П-образная рама; *ж* – рама с уклоном стоек и ригелей; *з* – рама полигонального очертания

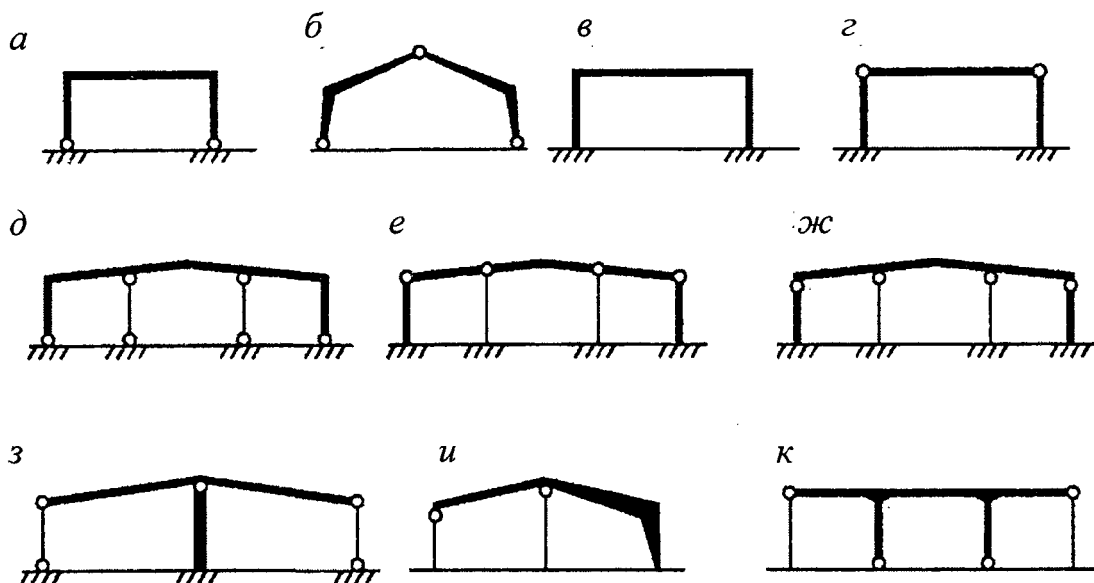


Рис. 3.7. Статические схемы рамных конструкций:

*a* – двухшарнирная рама; *б* – трехшарнирная рама; *в* – рама с жестким опиранием стоек на фундаменты и жесткими узлами сопряжения ригеля со стойками; *г* – рама с жестким опиранием стоек на фундаменты и шарнирными узлами ригель-стойка; *д* – рама с шарнирно опертыми крайними и промежуточными стойками, жесткими узлами сопряжения ригелей с крайними стойками и шарнирным сопряжением со средними; *е*, *ж* – рамы с разрезными или неразрезными ригелями, шарнирно опертыми на заземленные стойки; *з* – рама с развитой средней стойкой, выполняющей роль ядра жесткости; *и*, *к* – смешанные схемы

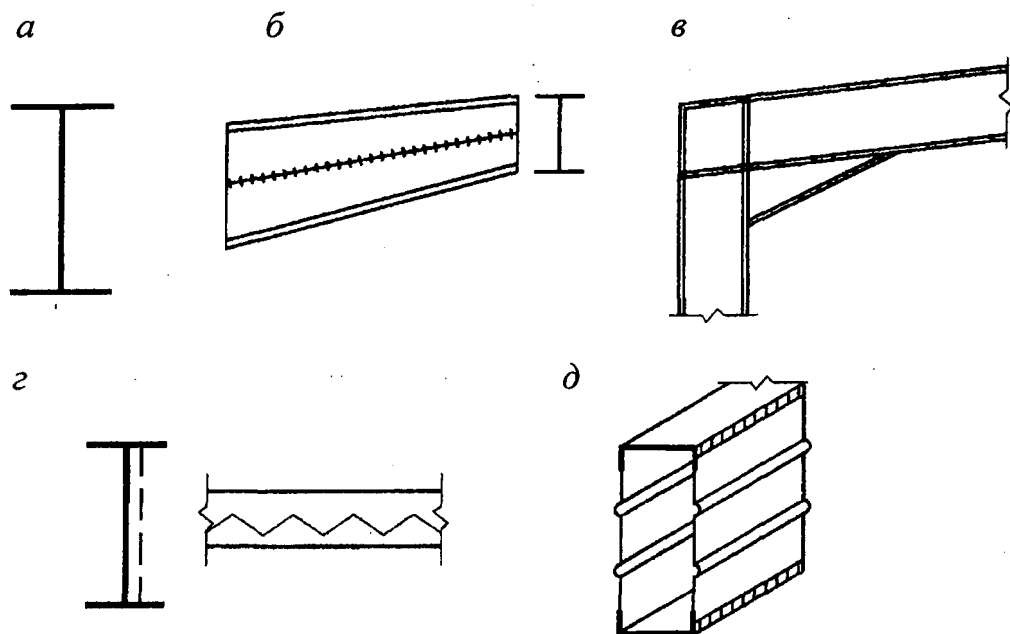


Рис. 3.8. Типы сечений рамных конструкций:

*a* – из сварных двутавров постоянного или переменного сечения с плоскими стенками;  
*б* – из прокатных двутавров переменной высоты, образованных из обычных путем диагонального роспуска и сварки; *в* – из прокатных двутавров без усиления и с усилением вутами; *г* – из сварных двутавров с гофрированной стенкой; *д* – коробчатое сечение (тип «ПЛАУЭН» или «ОРСК»)

При пролетах более 50–60 м экономичны сквозные (решетчатые) рамы (рис. 3.9). В двухшарнирных сквозных рамах с шарнирным сопряжением стоек и фундаментов высоту ригеля рамы принимают в пределах  $1/8$ – $1/15$  пролета.

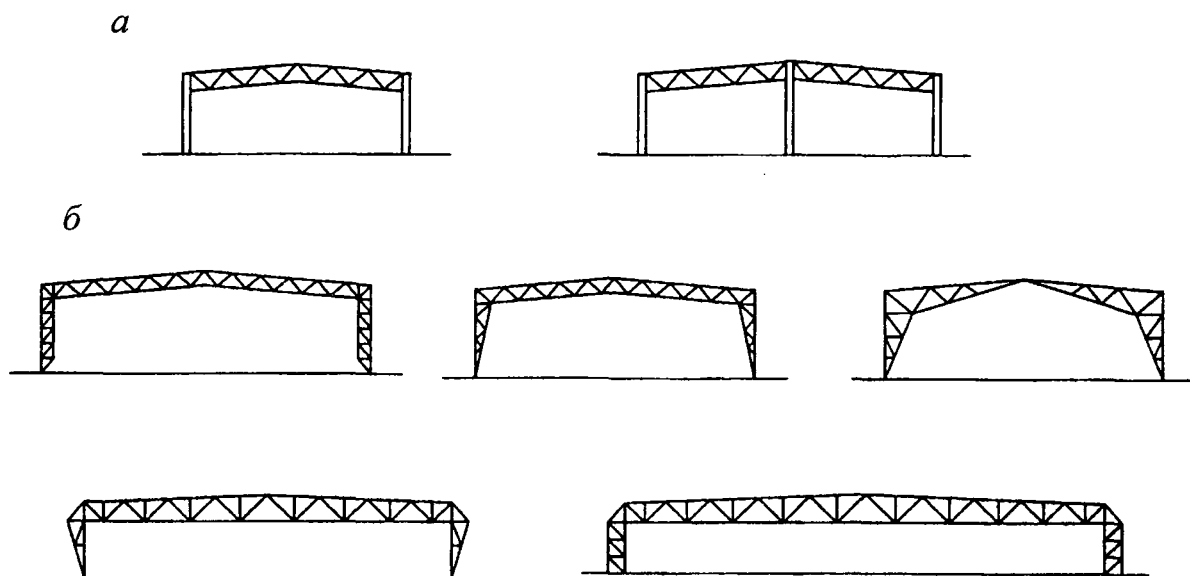


Рис. 3.9. Типы решетчатых рам:

*a* – со сплошными стойками; *б* – с решетчатыми стойками

Бесшарнирные сквозные рамы, используемые обычно в покрытиях ангаров, имеют очень большие пролеты (120–150 м). Высоту ригеля в таких рамах принимают равной  $1/12$ – $1/20$  пролета. В ангаростроении применяются также двухконсольные и одноконсольные рамы. Одноконсольные рамы целесообразны в навесах спортивных сооружений. В зданиях пролетом 40–50 м и высотой 16–20 м можно применять сквозные двухшарнирные рамы с ломаным ригелем (см. рис. 3.6, з) постоянной высоты, равной  $1/15$ – $1/25$  пролета.

Решетку ригелей сквозных рам обычно принимают треугольной. Стойки рам могут быть запроектированы сплошными (см. рис. 3.9, а) или решетчатыми (см. рис. 3.9, б). Решетчатые стойки могут иметь треугольную или раскосную решетку. Сечения стержней и узлы сквозных рам конструируют аналогично фермам больших пролетов. Однако наиболее целесообразно применение гнутых профилей прямоугольного сечения.

Ниже даны примеры применяемых в производственных зданиях типовых рамных конструкций.

Рамные конструкции по серии 1.420.3-15 «**Стальные рамные конструкции каркасов типа «Канск»** одноэтажных производственных зданий с применением несущих рам из прокатных широкополочных и сварных тонкостенных двутавровых балок» разработаны для одноэтажных зданий с пролетами 18 и 24 м, количеством пролетов от одного до пяти и высотой до нижнего пояса ригеля 4,8–10,8 м. Шаг рам для однопролетных зданий принят 6 м, а для многопролетных – 6 и 12 м.

Здание может быть оборудовано подвесными кранами грузоподъемностью от 1 до 3,2 т или мостовыми опорными кранами легкого и среднего режимов работы грузоподъемностью от 5 до 32 т.

Для конструкций типа «Канск» разработано два варианта решения торцов:

- с наличием в торце рам, смещенных на 500 мм вовнутрь, и ненесущего фахверка;

- вместо рам в торце устанавливают торцевой несущий фахверк, включающий стойки, горизонтальные балки и вертикальные связи.

Вариант с ненесущим фахверком применяют в тех случаях, когда предполагается в будущем расширение здания, при этом торцевые рамы будут выполнять функцию спаренных рам температурного шва. Второй вариант целесообразен, если дальнейшее строительство не предусмотрено.

Ригели рам запроектированы из тонкостенных сварных балок, а стойки – из прокатных широкополочных двутавров. Сопряжение ригелей и стоек однопролетных рам выполняется жестким. Ригели многопролетных рам соединяются с колоннами крайних рядов шарнирно, а с колоннами средних рядов – жестко.

Стойки несущего фахверка запроектированы из холодногнутых тонкостенных профилей коробчатого сечения или из составных С-образных профилей.

В зданиях с подвесными кранами крановые пути в торце здания крепят к стойкам фахверка или к поддерживающим стальным балкам.

В зданиях с мостовыми опорными кранами устанавливают встроенную крановую эстакаду, состоящую из жестко закрепленных на фундаментах стоек и уложенных по ним типовых подкрановых балок.

В продольном направлении жесткость здания обеспечивается вертикальными связями, устанавливаемыми по каждому ряду колонн и стоек крановой эстакады в середине температурного блока длиной не более 72 м.

Все монтажные узлы каркасов типа «Канск» согласно серии приняты болтовыми, что исключает применение сварки на строительной площадке.

Схемы расположения элементов каркаса и узлы стальных конструкций типа «Канск» приведены на рис. 3.10–3.12.

**Рамы из двутавров переменного сечения** (шифры 828 КМ, 828 КМ-1, 941 КМ, 961 КМ) применяются в одноэтажных однопролетных производственных зданиях пролетами 18 и 24 м и с отметкой верха ригеля рам 6,940 и 8,140 м без светоаэрационных фонарей. Шаг рам принят 6 м. Здания могут быть оборудованы подвесными кранами грузоподъемностью до 3,2 т.

Каркас здания с рамными конструкциями состоит из поперечных рам, прогонов, вертикальных связей и распорок по стойкам рам, стоек и балок торцевых фахверков.

Элементы переменного двутаврового сечения в ригеле и стойках изготавливаются из прокатных двутавров с параллельными гранями полок путем их продольного роспуска по наклонной линии на тавры переменной высоты.

Сопряжение стоек с фундаментом принято шарнирным. Сопряжения элементов в карнизных и коньковом узлах приняты жесткими и выполняются на фланцах толщиной 25 мм с применением высокопрочных болтов.

Жесткость каркаса в поперечном направлении обеспечивается работой рам, в продольном направлении – вертикальными крестовыми связями и распорками по каждому ряду стоек рам, обеспечивающими устойчивость стоек из плоскости рам.

Уклон верхнего пояса ригеля принят 0,025 при использовании типовой рулонной кровли и 0,100 при использовании кровельных панелей с металлическими обшивками.

Несущий торцевой фахверк запроектирован из широкополочных двутавров.

Схемы рам и узлы сопряжения элементов рамной конструкции приведены на рис. 3.13.

а) 3000 6000 6000 3000  
6000 <1:60  
H  
-0.150 0.000 950  
150 18000; 24000 150

б) 3000 6000 6000 3000  
9000 <1:60  
H  
-0.150 0.000 950  
150 18000; 24000 150

в) 3000 12000 6000 12000 3000  
6000 <1:60  
H  
-0.150 0.000 950  
150 18000; 24000 150

г) 3000 12000 6000 12000 6000 12000 3000  
6000 <1:60 1:60  
H  
-0.150 0.000 950  
150 18000; 24000 150

Н = 4,8; 6,0;  
7,2; 8,4;  
9,6; 10,8 м

Схемы подвески кранов

1500 15000 1500  
18000

1500 10500 10500 1500  
24000

1700 9000 2600 9000 1700  
24000

The image contains four technical drawings of a building frame and roof structure, organized into two columns for different step heights.

- Top Left (Step 6 m):** A plan view of the frame and roof structure. It shows a grid of columns and beams. Dimensions include a total width of 24000 (4x6000) and a total length of 18000 (3x6000). Individual bay dimensions are 6000. Labels include "При шаге 6 м", "Рама" (Frame), "Прогон покрытия" (Roof overhang), "Балки" (Beams), and "Вертикальные связи" (Vertical connections). Section lines 1-1 are indicated.
- Top Right (Step 12 m):** A plan view similar to the left one but for a 12m step height. Dimensions include a total width of 24000 (4x6000) and a total length of 18000 (3x6000). Individual bay dimensions are 12000. Labels include "При шаге 12 м", "Рама", "Прогон покрытия", "Балки", and "Вертикальные связи". Section lines 2-2 are indicated.
- Bottom Left (Section 1-1):** A cross-section view of the frame and roof structure for the 6m step height. It shows the vertical connection between the frame and the roof. Dimensions include a total width of 24000 (4x6000) and a total length of 18000 (3x6000). Individual bay dimensions are 6000. Labels include "1-1", "Вертикальная связь", and "9".
- Bottom Right (Section 2-2):** A cross-section view of the frame and roof structure for the 12m step height. It shows the vertical connection between the frame and the roof. Dimensions include a total width of 24000 (4x6000) and a total length of 18000 (3x6000). Individual bay dimensions are 12000. Labels include "2-2", "Вертикальная связь", and "9".

74



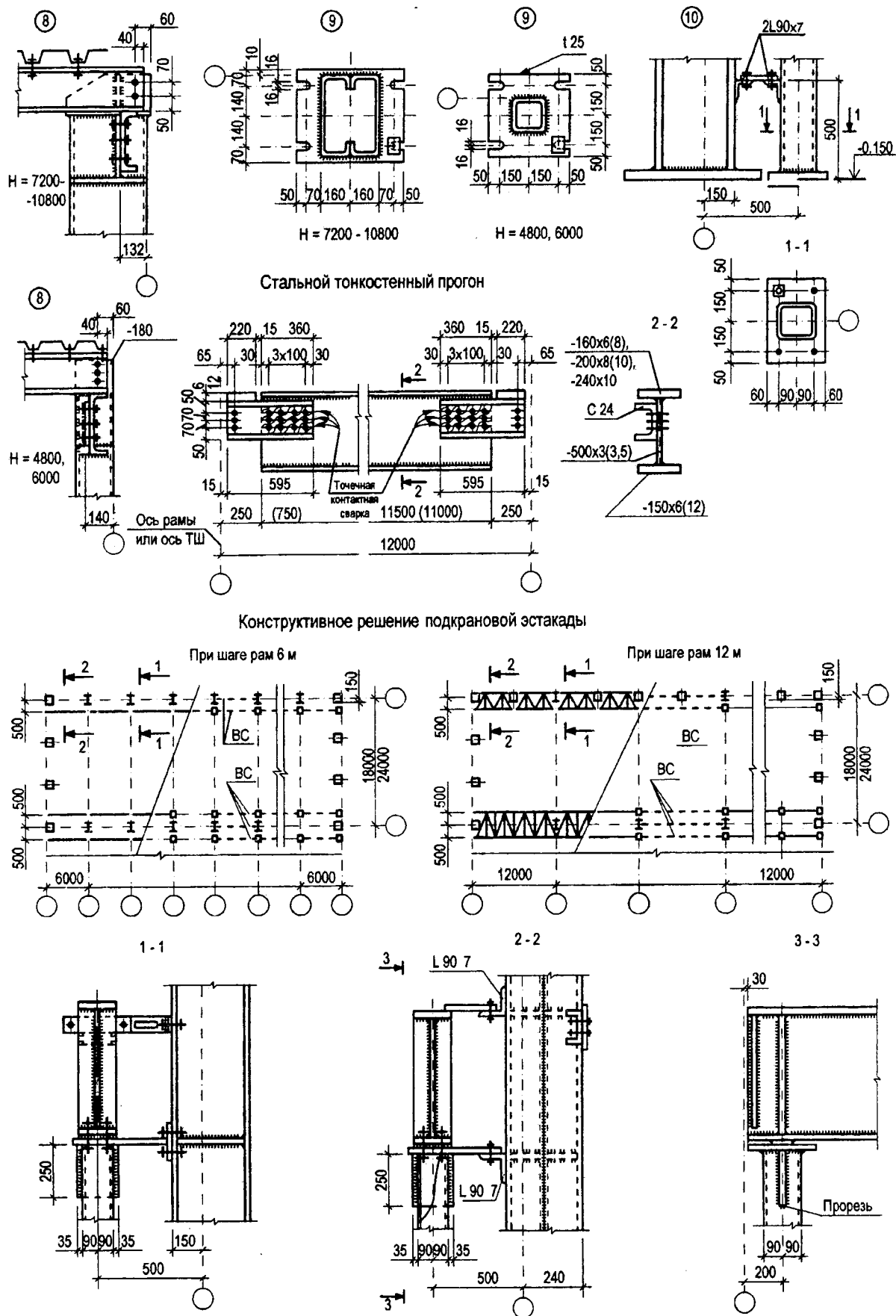
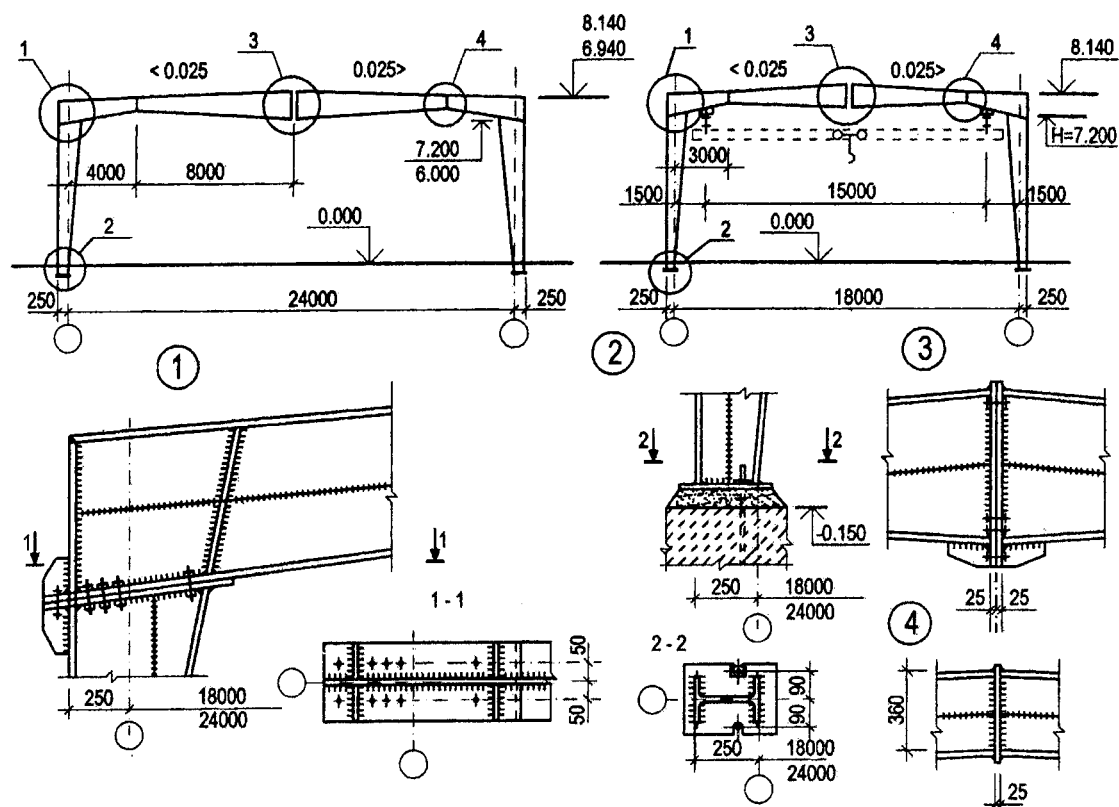


Рис. 3.12. Конструктивные узлы и крепление крановых путей для рамных конструкций типа «Канск»





Схемы расположение элементов каркаса

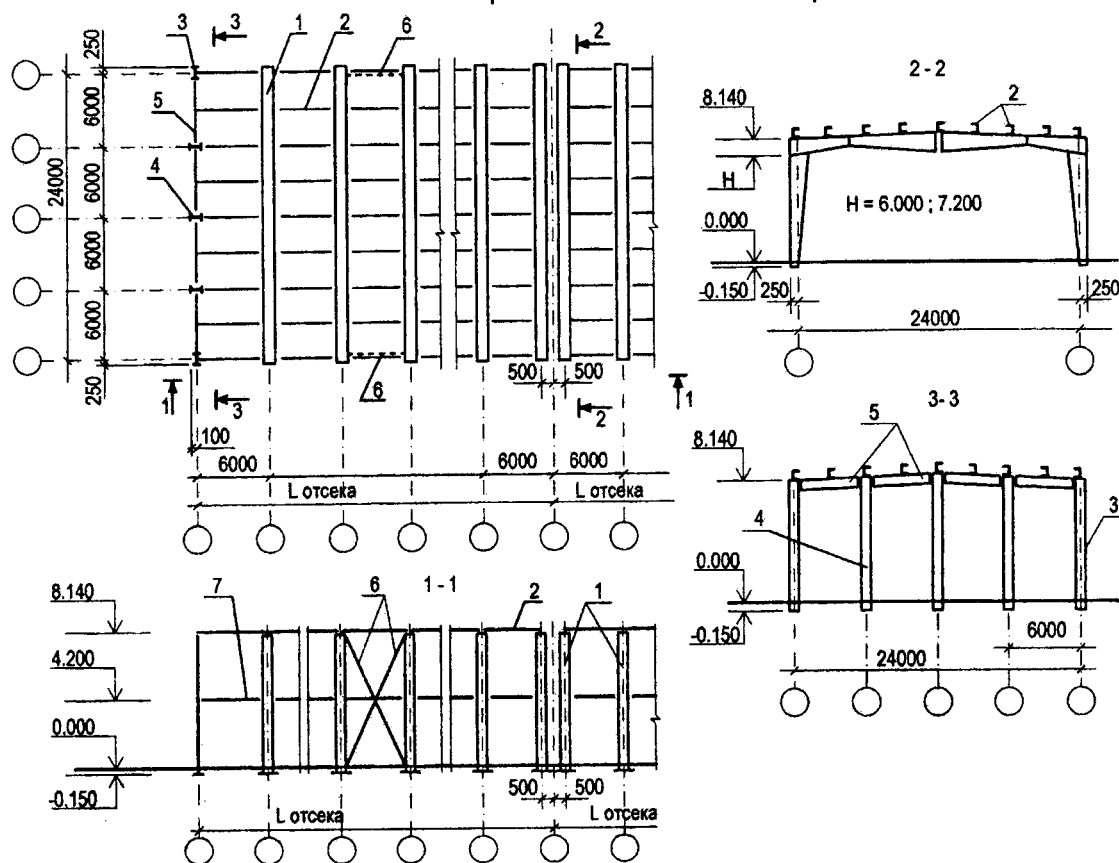


Рис. 3.13. Стальные рамные конструкции  
из двутавров переменного сечения:

1 – рамы; 2 – прогоны; 3 – угловая стойка фахверка; 4 – рядовая стойка фахверка;  
5 – балка торца; 6 – вертикальная связь; 7 – распорка

Рамы из двутавров переменного сечения находят широкое применение в конструкциях производственных и общественных зданий. В качестве примера можно привести также рамные конструкции «АСТРОН».

В них используются сварные двутавры как переменного, так и постоянного сечения. Разработаны однопролетные здания с величиной перекрываемых пролетов до 72 м. При наличии дополнительных внутренних опор перекрываемые пролеты могут достигать 150 м. Шаг рам принимается от 5 до 12 м. Высота по водосточному желобу может достигать 20 м. При необходимости могут быть разработаны рамы других геометрических размеров.

Здания могут быть оборудованы мостовыми опорными кранами грузоподъемностью до 20 т.

Рамы, как правило, крепятся к фундаменту шарнирно. Однако при необходимости соединение может быть жестким. Торцевой фахверк выполняется несущим из сварных или горячекатаных стоек и ригелей. Прогоны покрытия приняты из холодногнутого оцинкованного Z-профиля.

Пример здания из рамных конструкций «АСТРОН» приведен на рис. 3.14.

Система каркаса из плоских **рам коробчатого сечения типа «Орск»** (шифр 135, серия 2.420-4 вып. 3) состоит из однопролетных поперечных рам, располагаемых с шагом 6 м, прогонов, вертикальных связей, стоек и балок торцевых фахверков. В многопролетных зданиях конструкции типа «Орск» применять не рекомендуется.

Конструкции каркаса разработаны для отапливаемых зданий пролетами 18 и 24 м, имеющих высоту до верха ригеля рам на опоре 6980 мм и 8180 мм. Применяются в бесфонарных зданиях и в зданиях с зенитными фонарями, бескрановых и с мостовыми кранами грузоподъемностью 5 т. Уклон ригеля рамы принят 1,5 %.

Сопряжение стоек рам с фундаментами принято шарнирным. Сопряжения элементов в коньковом и карнизных узлах приняты жесткими и выполняются на фланцах толщиной 16 мм с применением высокопрочных болтов.

Схемы и узлы рамных конструкций типа «Орск» приведены на рис. 3.15 и 3.16.

**Стальные каркасы типа «УНИТЕК»** одноэтажных производственных зданий с применением конструкций из гнутосварных труб разработаны для применения в отапливаемых и неотапливаемых зданиях без кранов, с подвесными кранами грузоподъемностью от 1 до 5 т и с мостовыми опорными кранами грузоподъемностью 5, 10 и 16 т с режимами работы 1К-5К с неагрессивной или слабоагрессивной средой при относительной влажности внутри помещения не более 70 %.

Подвеска кранов производится симметрично относительно центральной оси пролета рамы. В торцах здания с подвесными кранами крановые пути опираются на балки либо непосредственно на стойки несущего фахверка.

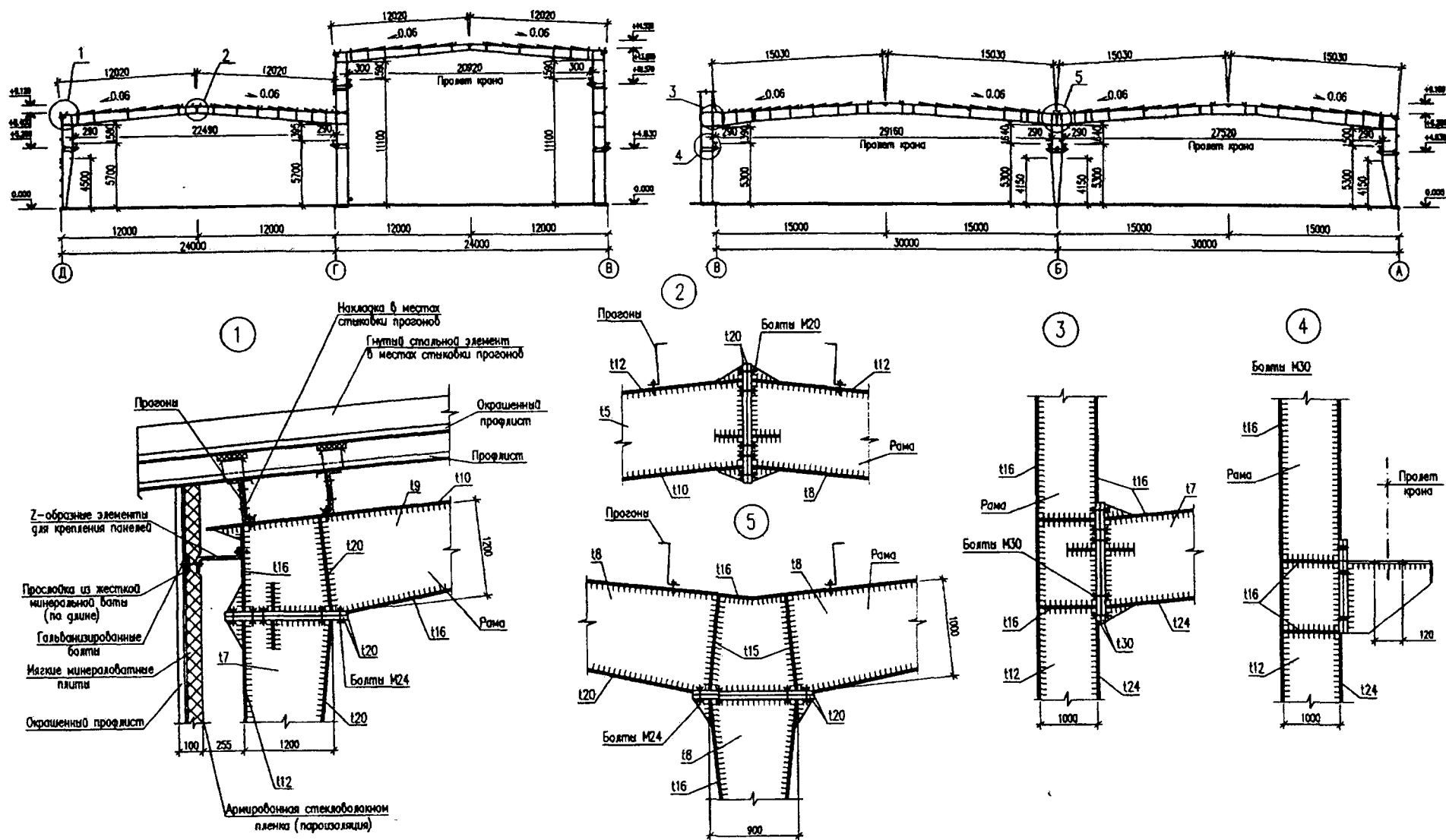


Рис. 3.14. Рамные конструкции «АСТРОН»

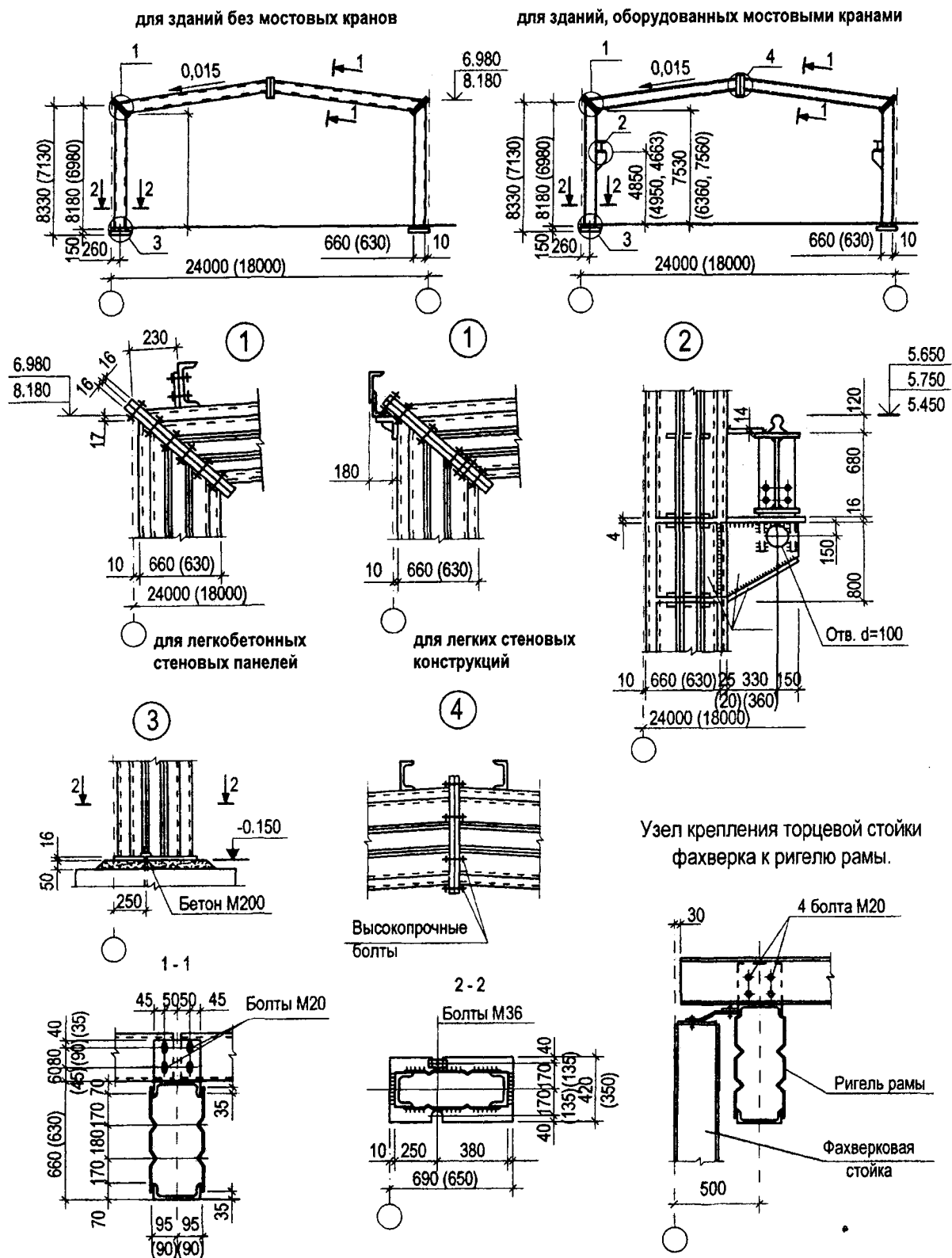


Рис. 3.15. Стальные рамные конструкции коробчатого сечения типа «Орск»

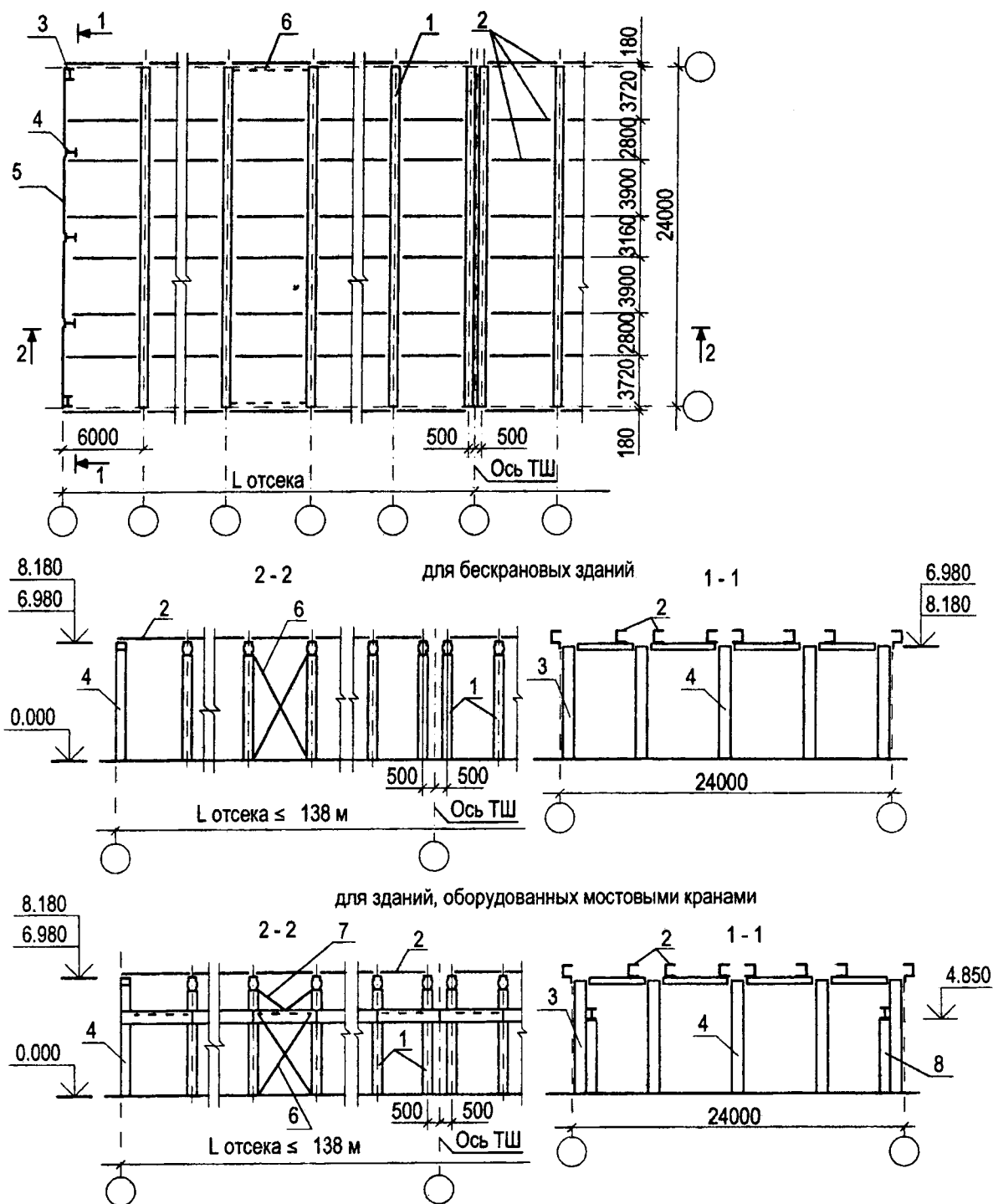


Рис. 3.16. Схемы торцов, расположения прогонов и вертикальных связей в зданиях со стальными рамными конструкциями коробчатого сечения типа «Орск»:

- 1 – рамы; 2 – прогоны; 3 – угловая стойка фахверка; 4 – рядовая стойка фахверка;  
 5 – балка торца; 6 – вертикальная (подкрановая) связь; 7 – надкрановая связь;  
 8 – стойка крановая

В качестве ограждающих конструкций, как правило, применяются панели с обшивкой из профилированного листа или конструкции послойной сборки для отапливаемых зданий и профилированный лист для неотапливаемых зданий.

Основными несущими конструкциями каркасов УНИТЕК являются сквозные одно- и многопролетные рамы из гнутосварных труб. Шаг основных несущих конструкций 6 м. При необходимости, при больших вертикальных нагрузках (снеговой мешок и др.), шаг рам может быть уменьшен.

Сопряжение конструкций крайних стоек рам с фундаментом шарнирное, средних стоек рам и стоек фахверка – жесткое.

Сопряжение ригеля рамы с крайними стойками жесткое, со средними стойками – шарнирное.

Отметка низа несущей конструкции ригеля в месте сопряжения с крайней стойкой рамы (Н) предусмотрена от 4,8 до 14,4 м.

Привязка крайних стоек к продольным осям принимается «0» или «250» для пролетов 12–18 м в зависимости от возможности размещения подвесного крана. В бескрановых зданиях пролетом 21–30 м принимается нулевая привязка.

Длина температурного блока не более 96 м.

В торце здания устанавливается несущий торцевой фахверк, состоящий из стоек и балок. Жесткость системы фахверка обеспечивается постановкой системы гибких связей и распорок. В случае предполагаемого расширения здания в торце устанавливается основная несущая рама с самонесущими стойками фахверка.

Устойчивость и геометрическая неизменяемость здания обеспечивается:

в поперечном направлении – конструкциями несущих рам;

в продольном направлении – системой вертикальных связей и распорок.

Жесткость покрытия обеспечивается системой горизонтальных связей и распорок по ригелю рамы.

Прогоны покрытия выполнены по разрезной схеме. Шаг прогонов покрытия принимается равным 1,5 или 3,0 м в зависимости от нагрузки на покрытие и несущей способности кровельных ограждающих конструкций. При шаге прогонов 1,5 м решетка ригеля выполняется с дополнительными стойками. Сечения прогонов покрытия приняты из прокатных и гнутых швеллеров.

Прогоны стен выполнены по разрезной схеме. Шаг стеновых прогонов назначается от 1,2 до 3,0 м кратным 0,6 м в соответствии с расположением окон, ворот и других проемов, а также в зависимости от вертикальной и горизонтальной нагрузок и несущей способности стеновых ограждающих конструкций. Сечения стеновых прогонов приняты из прокатных и гнутых швеллеров, а также из гнутосварных труб.

Горизонтальные и вертикальные связи по каркасу и фахверку – крестовые гибкие из круглой стали Ø 20 и Ø 24 мм.

Распорки между рамами выполняют из гнутосварных труб.

Все заводские соединения – сварные. Монтажные соединения – на втулках и на обычных и высокопрочных болтах.

Габаритные схемы зданий с подвесными кранами приведены на рис. 3.17, конструктивные узлы сопряжений для рам – на рис. 3.18 и 3.19.

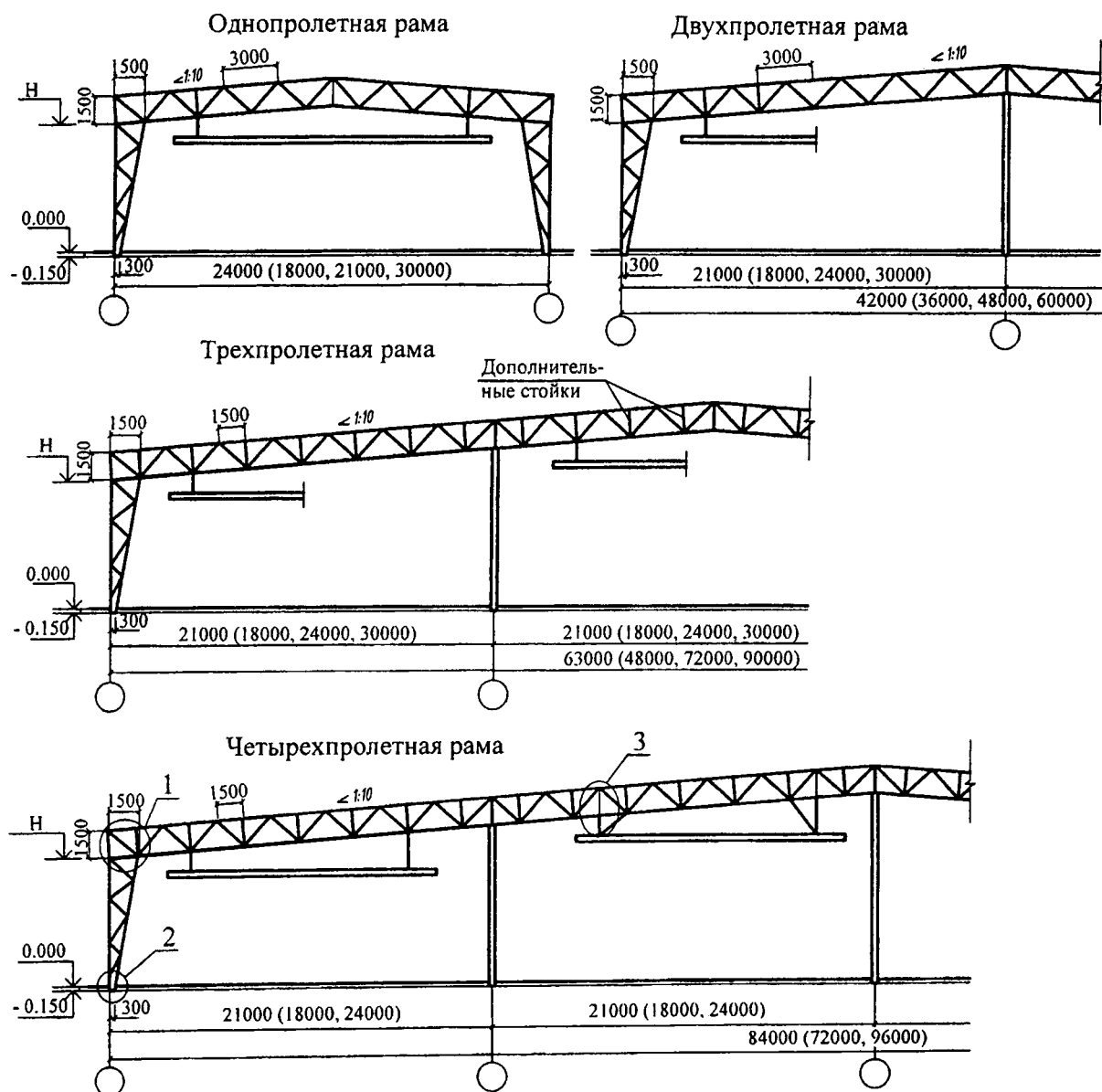


Рис. 3.17. Габаритные схемы зданий с применением рам УНИТЕК

Здания, оборудованные мостовыми опорными кранами грузоподъемностью 5, 10 и 16 т, могут быть одно- или двухпролетными с величиной пролетов 12 и 18 м с отметкой до низа ригеля Н от 6,0 до 14,4 м.

**Стальные арки** также могут иметь сплошное или сквозное сечение.

Сплошные арки обычно имеют постоянное сечение и применяются при пролетах до 60 м (рис. 3.20). Высота сечения таких арок ( $h$ ) обычно принимается равной  $1/50$ – $1/80$  от пролета ( $L$ ). При пролетах более 60 м обычно применяют сквозные (решетчатые) арки. Высота сечения в этом случае составляет  $1/30$ – $1/60$  от пролета. Геометрические схемы и типы сечений сквозных рам приведены на рис. 3.21.

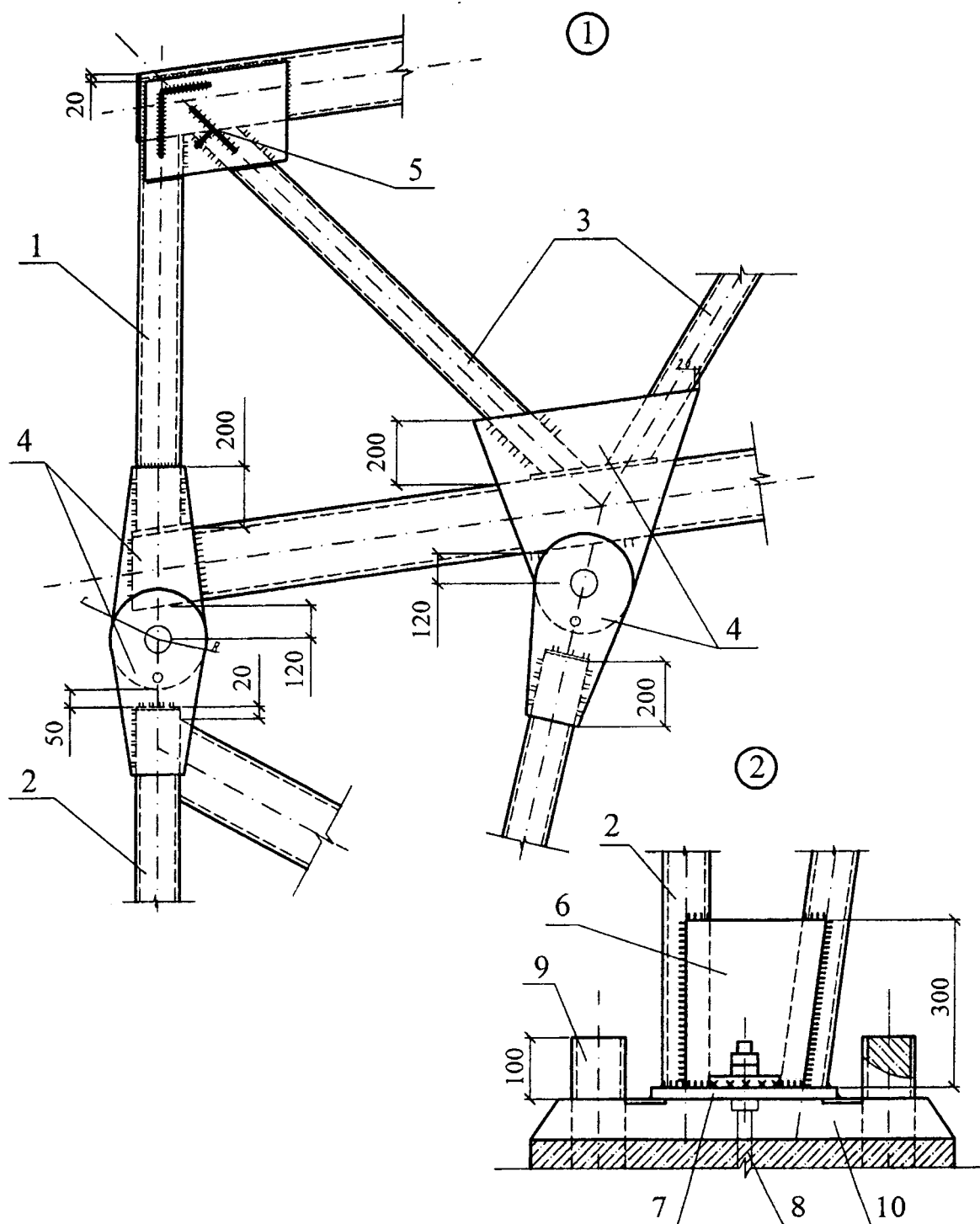


Рис. 3.18. Карнизный и опорный узлы рамы УНИТЕК  
(узлы замаркированы на рис. 3.17):

- 1 – ригель рамы; 2 – стойка рамы; 3 – раскосы; 4 – проушина;  
5 – фасонка для крепления распорки; 6 – стальной лист; 7 – опорный лист;  
8 – анкерный болт; 9 – противосдвиговой закладной элемент фундамента  
(заполнить бетоном класса не ниже В 12,5);  
10 – подливка из мелкозернистого бетона



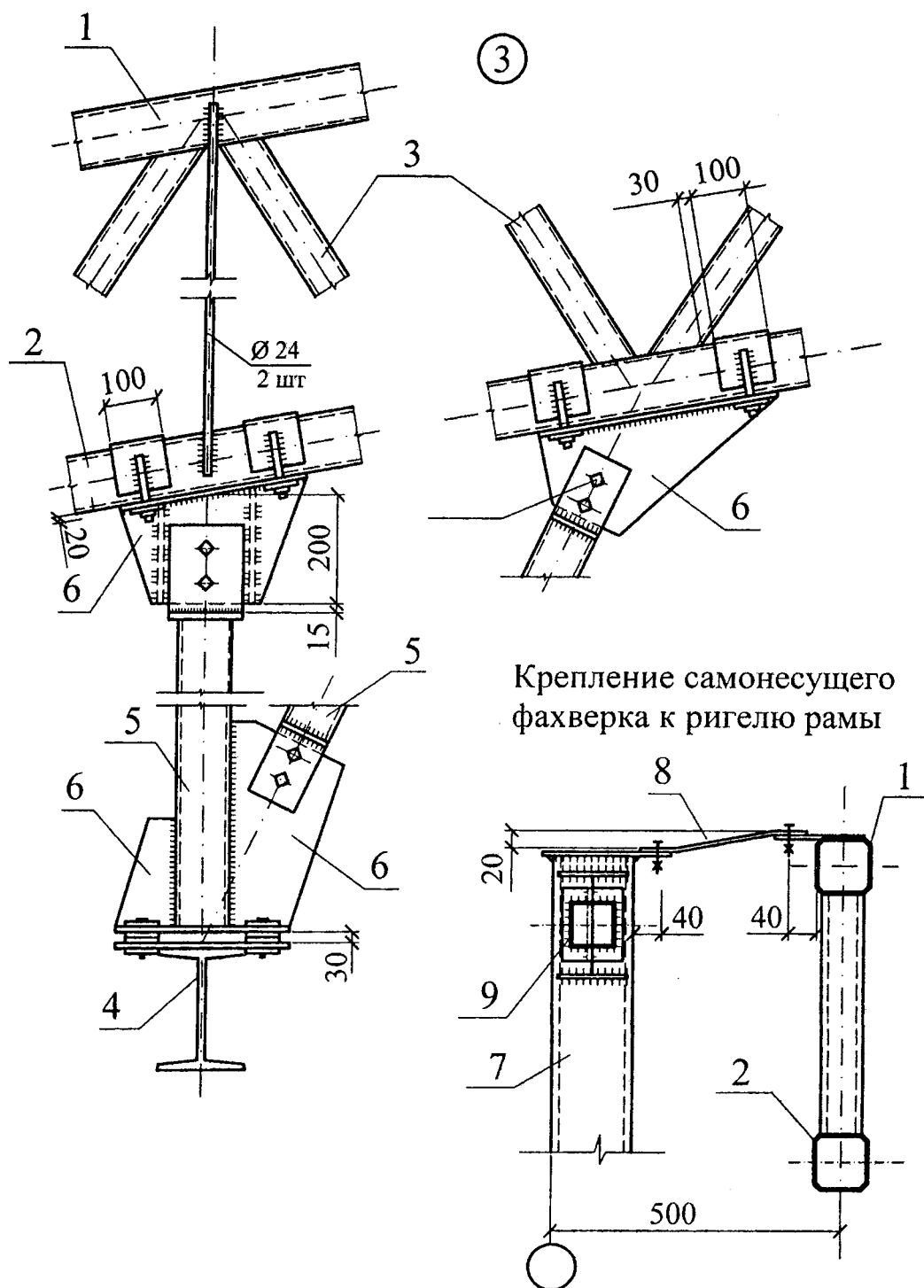


Рис. 3.19. Узлы крепления балки подвесного пути и стойки фахверка к ригелю рамы:

- 1 – верхний пояс рамы; 2 – нижний пояс рамы; 3 – раскосы;  
 4 – балка подвесного пути; 5 – элементы подвески крана (Гн □ 100×4);  
 6 – стальной лист ( $t = 16$  мм); 7 – стойка фахверка;  
 8 – листовой шарнир ( $t = 6$  мм); 9 – распорка

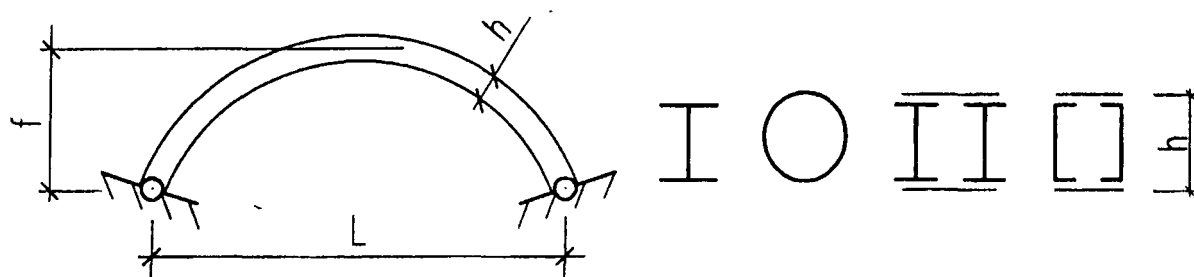


Рис. 3.20. Конструктивная схема и типы сечений сплошных арок

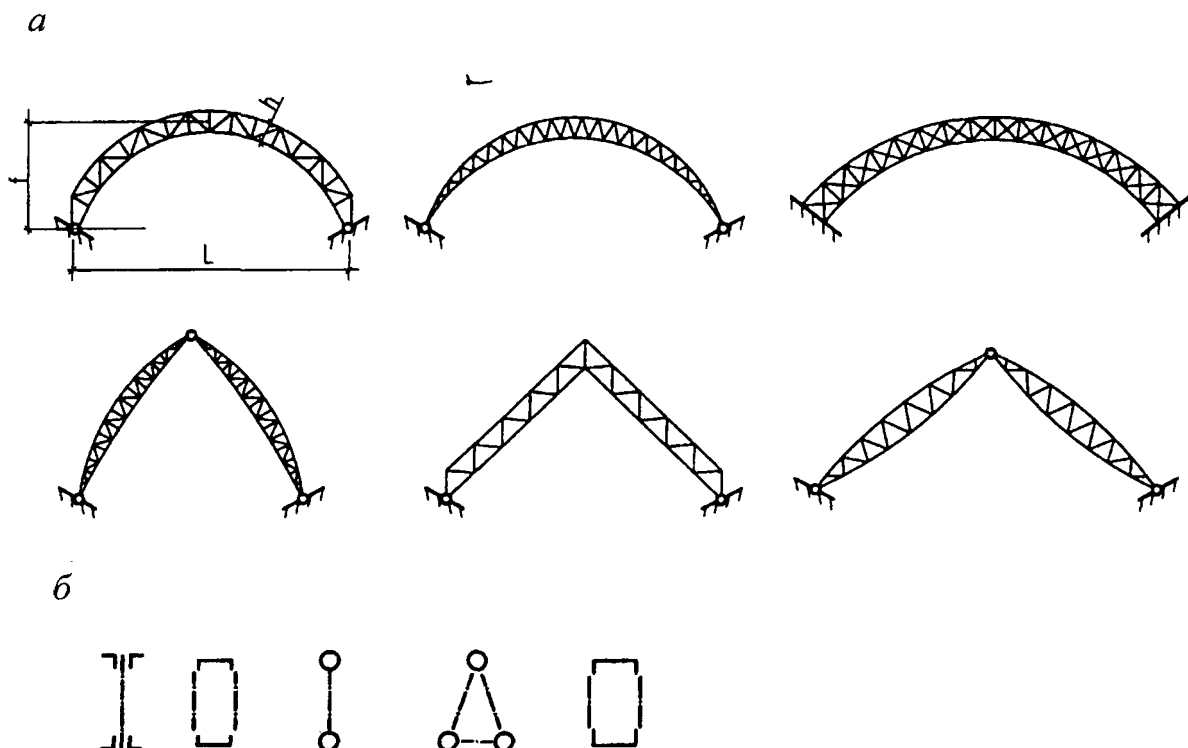


Рис. 3.21. Сквозные (решетчатые) арки:  
а – геометрические схемы; б – типы сечений

Наибольшее распространение получили металлические арки, работающие по двухшарнирной схеме. Конструкция опорного шарнира определяется пролетом арки и величиной действующей нагрузки. На рис. 3.22, а приведена наиболее простая конструкция (с помощью плиточного шарнира), характерная для легкой арки сплошного сечения.

Наиболее сложное решение, с помощью балансирующего шарнира, имеют опорные узлы тяжелых большепролетных арок (рис. 3.22, б). Так как вблизи опоры сечения сквозных арок переходят в сплошные, опорные узлы таких арок выполняют аналогично.

а

б

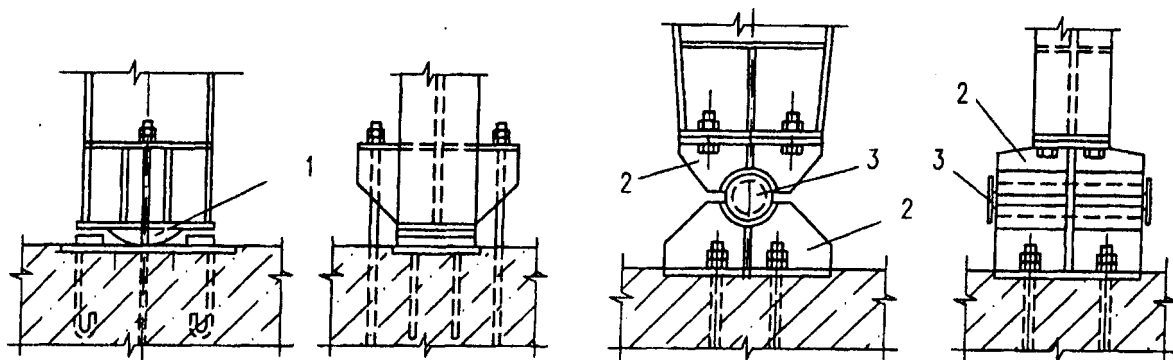


Рис. 3.22. Опорные узлы двухшарнирных арок

### 3.3. Деревянные плоскостные распорные конструкции

В промышленном строительстве распорные конструкции в виде деревянных арок и рам находят все более широкое применение в зданиях различного назначения, особенно при возведении зданий с агрессивной средой, например, складов минеральных удобрений.

Так как жесткое сопряжение деревянных элементов между собой и с другими конструктивными элементами (например, фундаментами) достаточно сложно в исполнении, чаще всего арки и рамы проектируют трехшарнирными. Наличие конькового шарнира позволяет предусматривать в нем монтажный стык и перевозить арки или рамы к месту установки в виде транспортабельных полуарок (полурам). Некоторые наиболее часто используемые схемы распорных конструкций приведены на рис. 3.23.

Деревянные **арки** применяют в покрытиях промышленных и сельскохозяйственных зданий пролетами от 12 до 80 м. В зарубежной практике строительства деревянными арками перекрывают пролеты свыше 100 м. Шаг арок обычно принимается от 3 до 6 м. Чаще всего арки выполняют из клееной древесины. Клеодеревянные арки просты в изготовлении и состоят из минимального числа элементов. К достоинствам деревянных арок из клееной древесины следует отнести повышенный предел огнестойкости, достаточно длительное сопротивление загниванию и разрушению в химически агрессивных средах, а также архитектурную выразительность деревянных покрытий.

В промышленном строительстве широко применяются круговые (сегментные), стрельчатые и треугольные арки. Сегментные арки наименее материалоемки и используются для перекрытия значительных пролетов. Применение стрельчатых и треугольных арок наиболее целесообразно при необходимости использования в зданиях подвесного технологического оборудования. Треугольные арки наиболее просты в изготовлении, т. к. состоят из прямолинейных полуарок, однако их применение при пролетах свыше 30 м нецелесообразно по экономическим соображениям.

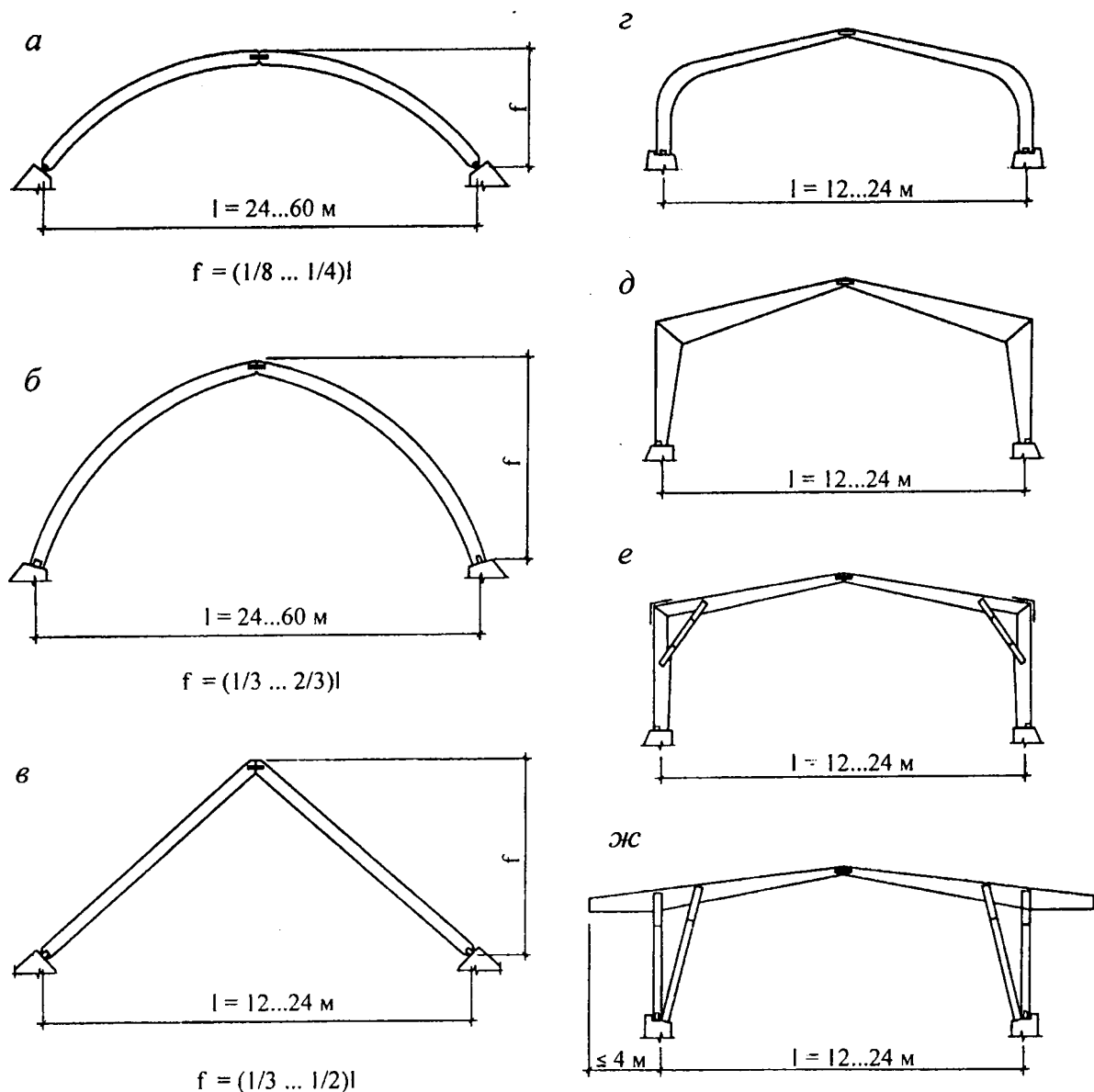


Рис. 3.23. Схемы трехшарнирных распорных конструкций:

*а* – арка кругового очертания; *б* – стрельчатая арка; *в* – треугольная арка;  
*г* – рама гнутоклееная; *д* – клеёнощитая рама из прямолинейных элементов;  
*е* – рама с подкосами в карнизных узлах; *жс* – рама с внутренними опорными подкосами

Ширину сечения арок назначают не менее 140 мм. Высоту сечения принимают для треугольных арок без затяжек  $1/25$ – $1/30$ , стрельчатых арок  $1/30$ – $1/40$ , а для арок кругового очертания  $1/30$ – $1/50$  от величины пролета.

Конструктивное решение узлов сопряжения элементов арок зависит от величины перекрываемых пролетов и величины действующей нагрузки.

Опорные и коньковые узлы трехшарнирных арок малых и средних пролетов обычно имеют наиболее простое решение. Их выполняют простым лобовым упором деревянных конструкций между собой или с фундаментом. На рис. 3.24 приведен коньковый узел с деревянными накладками и опорный узел с помощью опорного башмака, включающего опорный лист с отверстиями для анкерных болтов с приваренными к нему стальными листами, имеющими отверстия для болтов крепления опорного конца полуарки.

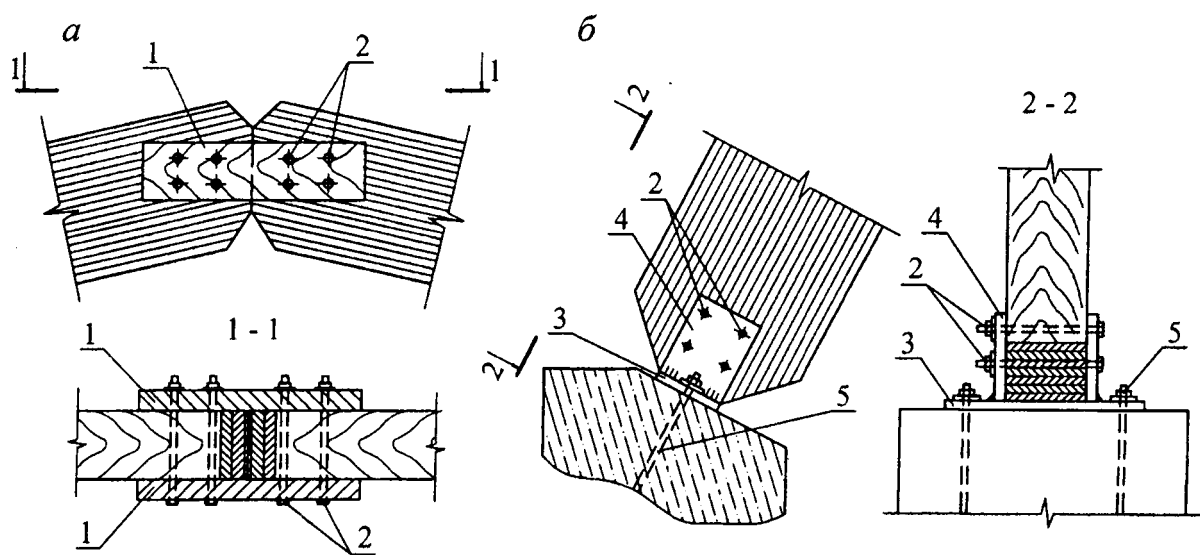


Рис. 3.24. Конструктивное решение конькового и опорного узлов арок малых и средних пролетов:

1 – деревянная накладка; 2 – стальной болт; 3 – опорный лист;  
4 – стальной лист; 5 – анкерный болт

Шарнирные узлы сопряжения элементов большепролетных арок без затяжек имеют более сложное решение с применением валиковых или плиточных шарниров. На рис. 3.25 дан вариант устройства конькового узла с помощью плиточного шарнира и опорного узла с помощью валикового шарнира для арки кругового очертания пролетом 59 м.

**Рамы** являются одним из основных видов несущих деревянных конструкций. Их форма наиболее рациональна для производственных зданий, однако рамы менее экономичны по расходу древесины на изготовление. В промышленном строительстве в основном применяют однопролетные двускатные рамы пролетами 12–24 м. В практике зарубежного строительства встречаются рамы пролетом до 60 м. Шаг рам принимают от 3 до 6 м.

Трехшарнирные клеодошчатые рамы заводского изготовления являются одним из основных видов деревянных рам. Элементы этих рам могут иметь прямоугольное сечение постоянной или переменной высоты (см. рис. 3.23, *г-ж*). Более экономичным является сечение переменной высоты, т. к. это позволяет экономить древесину и рационально использовать ее прочность.

Трехшарнирные рамы обычно состоят из двух полурам заводского изготовления Г-образной формы.

Гнукотклеенная рама (см. рис. 3.23, *з*) более трудоемка в изготовлении, но имеет более привлекательное очертание.

Клеодошчатая рама из прямолинейных элементов (см. рис. 3.23, *д*) состоит из двух полурам. Полурамы выполняют из прямолинейных стойки и ригеля, которые склеиваются на зубчатый шип в заводских условиях (рис. 3.26, *а*).

Основным недостатком такого решения карнизного узла является то, что стык ригеля и стойки располагается в наиболее нагруженном месте.

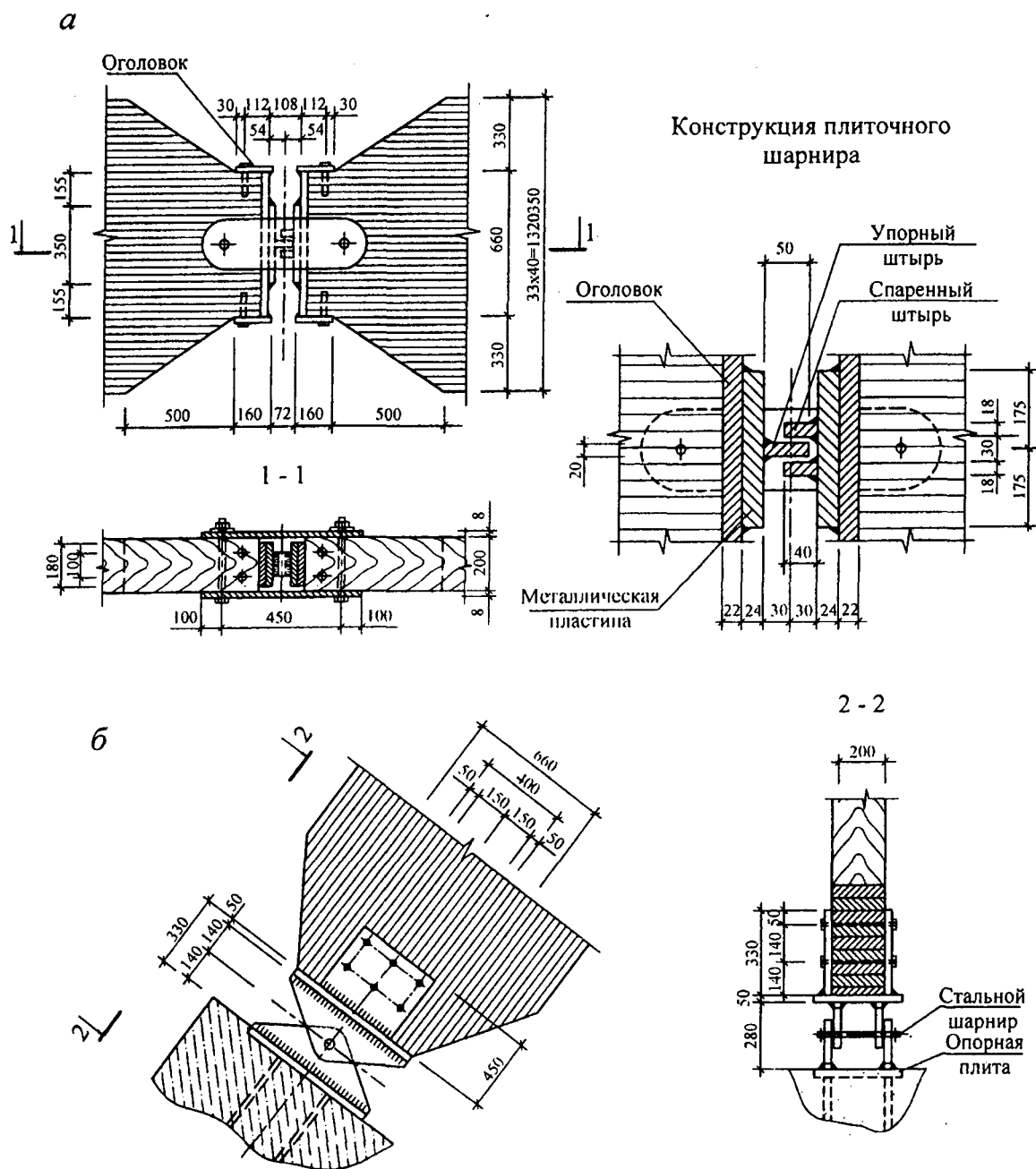


Рис. 3.25. Вариант конструктивного решения узлов круговой клеодощатой арки пролетом 55 м:

*а* – конструкция конькового узла с помощью плиточного шарнира;

*б* – конструкция опорного узла с помощью валикового шарнира

Повысить надежность карнизного узла можно путем усиления его фанерными накладками (рис. 3.26, *б*) либо использованием в зоне карниза клеодощатых вставок (рис 3.26, *в, г*). Соединение вставки с ригелем и стойкой выполняется на зубчатый шип, но смещение стыков из наиболее опасной зоны позволяет повысить надежность соединения.

Более удобными при транспортировке являются рамы, собираемые на строительной площадке из отдельных прямолинейных элементов (см. рис. 3.23, *е, ж*). Решение карнизного узла для рамы с карнизным

опорным подкосом приведено на рис. 3.26, д. Узлы подкосных клеедеревянных рам решаются при помощи наклонных лобовых упоров сжатых раскосов в ригели и в стойки, а также накладок и болтов. Карнизный узел подкосной рамы может быть решен с помощью гнутой стальной накладки и винтов, соединяющих наружные кромки стойки и ригеля.

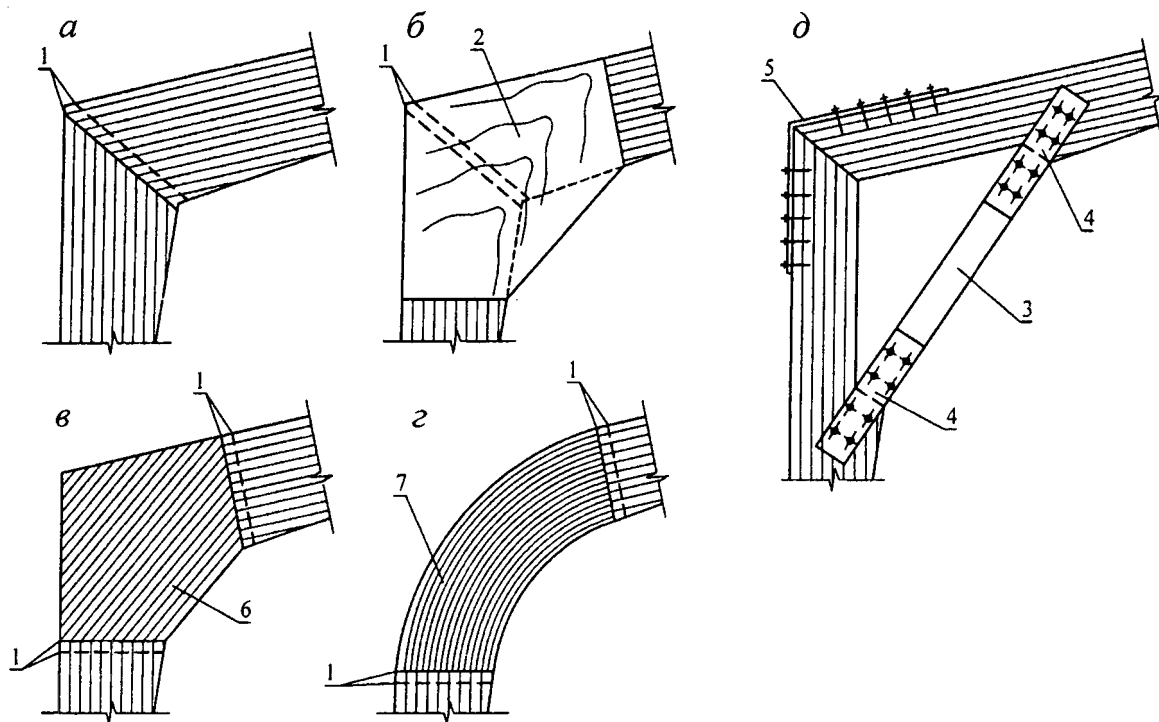


Рис. 3.26. Варианты конструктивных решений карнизных узлов деревянных рам:

- а* – на зубчатом клеевом соединении; *б* – с зубчатым соединением и фанерными накладками; *в* – с пятиугольной клееной вставкой на зубчатом соединении; *г* – с гнутоклееной вставкой на зубчатом соединении; *д* – с деревянным подкосом и стальной соединительной деталью:
- 1 – соединение на зубчатый шип; 2 – фанерная накладка на клею; 3 – деревянный подкос; 4 – деревянная накладка; 5 – стальная соединительная деталь; 6 – пятиугольная клееная вставка; 7 – гнутоклееная вставка

Ширина сечения рамы принимается от 140 до 210 мм. Максимальная высота сечения ( $h$ ) трехшарнирной рамы из прямоугольных элементов с жесткими карнизными узлами принимается равной  $1/15$ – $1/24$  пролета, а для гнутоклееной рамы –  $1/30$ – $1/40$  пролета. Высота сечения в коньковом узле должна быть не менее  $0,3h$ , а в опорном – не менее  $0,4h$ .

Коньковые узлы клеодошчатых рам пролетом до 24 м имеют конструкцию, аналогичную конструкциям коньковых узлов клеедеревянных арок малых пролетов. Опорные узлы выполняют простым лобовым упором в металлический башмак (рис. 3.27, *а*). Распор передается на фундамент через металлический башмак либо через упорный выступ фундамента (рис. 3.27, *б*). Конструктивное решение опорного узла для рамы с внутренним опорным подкосом приведено на рис. 3.27, *в*.

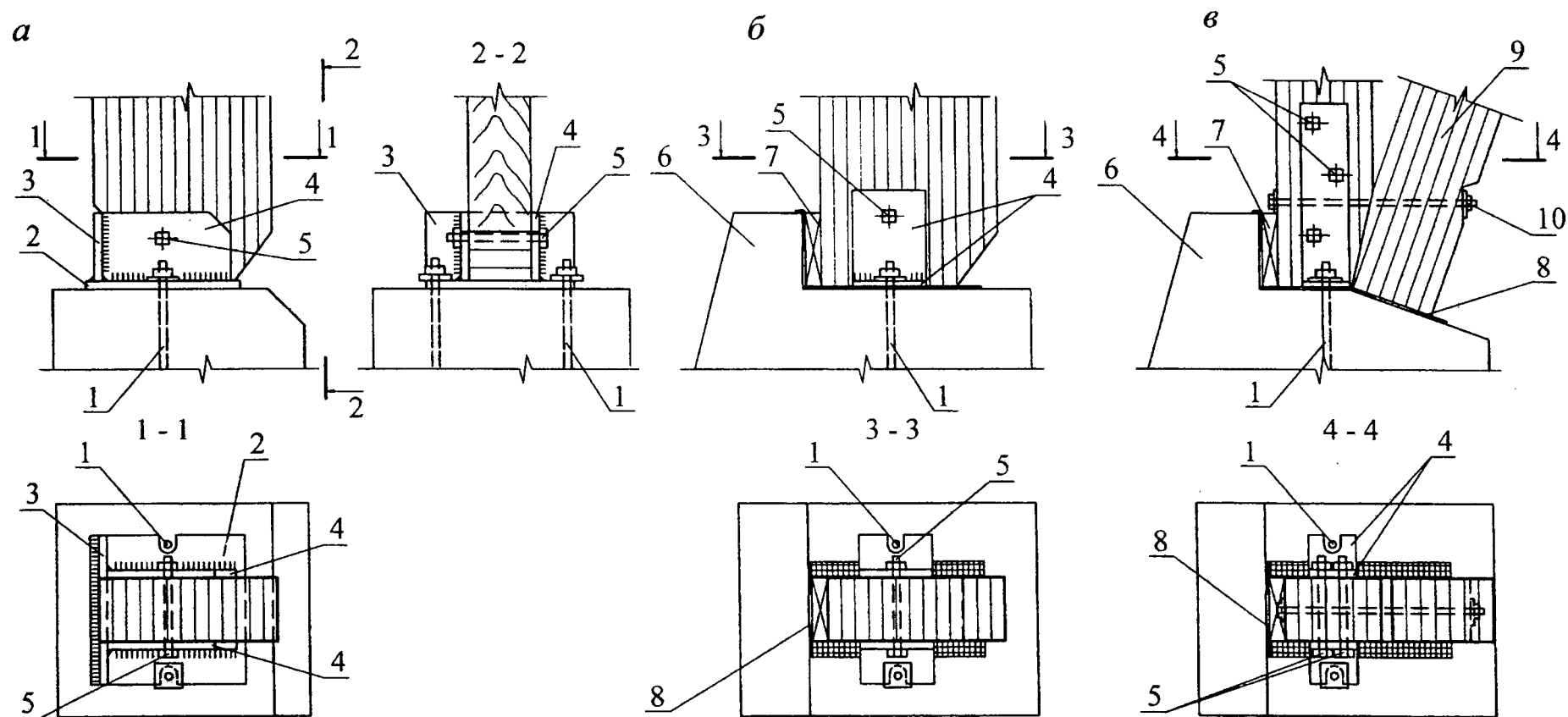


Рис. 3.27. Варианты конструктивных решений шарнирного сопряжения стоек рам с фундаментом:  
*а* – простым лобовым упором с помощью металлического башмака; *б* – с упорным выступом на фундаменте;  
*в* – с упорным выступом на фундаменте для рамы с внутренним опорным подкосом:  
 1 – анкерный болт; 2 – стальной опорный лист; 3 – упорная пластина; 4 – стальной лист; 5 – стальной болт;  
 6 – упорный выступ на фундаменте; 7 – упорная доска; 8 – гидроизоляция; 9 – опорный подкос; 10 – стяжной болт



В большепролетных рамах коньковые и опорные узлы выполняют с помощью валиковых или пластинчатых шарниров, т. е. аналогично решению этих узлов для арок больших пролетов (см. рис. 3.25).

Чтобы избежать конденсационного увлажнения древесины, поверхности стальных соединительных элементов следует отделять от древесины арок и рам слоем гидроизоляции.

## 4. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

### 4.1. Общие сведения об ограждающих элементах покрытий

Покрытия промышленных зданий должны обеспечивать надежную гидроизоляцию и в отапливаемых зданиях обладать необходимой теплоизолирующей способностью.

При устройстве **кровли** в промышленных зданиях в качестве гидроизоляционного материала чаще всего используются рулонные битумные, битумно-полимерные и полимерные кровельные материалы.

Традиционные **битумные кровельные материалы** на картонной основе, например рубероид, имеют широкое распространение при устройстве как малоуклонных, так и скатных кровель зданий различного назначения. Однако не отвечают современным требованиям и имеют срок службы не более 7 лет. Требуемое количество слоев гидроизоляции в зависимости от уклона кровли может достигать четырех.

Значительно лучшие характеристики имеет наплавляемая рулонная гидроизоляция – **битумно-полимерный** материал, который часто используют при устройстве плоских крыш («Isoral», «ИЗОФЛЕКС», «ТЕХНОНИКОЛЬ», «ГЕРМОПЛАСТ» и др.). Кровля в этом случае состоит из нескольких слоев битумно-полимерного состава, нанесенного на основу из стеклоткани, стеклохолста или полиэфирного полотна. Гидроизоляция устраивается в 1 или 2 слоя. Верхняя часть материала покрыта слоем гранулята – песчаной или сланцевой крошкой. Такие материалы могут применяться в любых климатических районах, в том числе с суровым климатом, при устройстве кровель различных конфигураций. Они долговечны, водонепроницаемы, обладают высокой прочностью, имеют хорошую теплоустойчивость, поддаются укладке при отрицательных температурах на любые подготовленные поверхности, в том числе и на металлические. Рулонную гидроизоляцию устанавливают на кровлю с помощью газовых горелок. Срок службы такой кровли не менее 20 лет.

Еще более новым и перспективным кровельным материалом являются **мембранные кровельные покрытия**. Это не содержащие битума однослойные кровельные покрытия на основе каучука или нефтеполимерных смол (ПВХ-мембраны, ЭПДМ-мембраны и ТПО-мембраны). Такие мембраны характеризуются высокой прочностью, надежностью, долговечно-

стью, возможностью использования на крышах сложной конфигурации с практически любым уклоном скатов. Срок службы такой кровли достигает 50 и более лет. Однослойные мембраны крепятся к основанию клеевым, механическим или балластным способом.

Гидроизоляционные покрытия из ПВХ характеризуются повышенной паропроницаемостью, это позволяет конденсатной влаге, накопившейся в утеплителе за зиму или попавшей при монтаже, испариться летом. Кровли из ПВХ-материалов имеют способность воспринимать температурные или другие деформационные нагрузки без нарушения герметичности. Полотна мембраны склеиваются с помощью специального оборудования горячим воздухом.

ЭПДМ-мембраны, изготовленные на основе синтетического каучука, армированного полиэфирной сеткой, отличаются повышенной эластичностью, стойкостью к действию озона и ультрафиолета, а также устойчивостью к старению. ЭПДМ-мембраны устойчивы к битумным материалам, экологически безопасны, т. к. не выделяют вредных веществ при монтаже и эксплуатации. Полотна могут соединяться с помощью специальной клеевой ленты либо позволяющим создавать более надежное соединение методом вулканизации при помощи сварки горячим воздухом.

Основой ТПО-мембран служат термопластичные олефины. Мембраны могут армироваться сеткой из полиэстера либо тканью из стекловолокна. Такие мембраны наиболее морозостойкие. Они менее эластичны, чем ПВХ- и ЭПДМ-мембраны, но обладают более высокой прочностью и химической стойкостью. ТПО-мембраны целесообразно использовать на кровлях сложной конфигурации или там, где кровля подвергается повышенным механическим нагрузкам в процессе эксплуатации. Для соединения полотен ТПО-мембран используют сварку горячим воздухом либо механически закрепляют внахлест (не менее 12 мм). Прочность сварных швов для ТПО-мембран вдвое превышает прочностные характеристики самого полотна мембраны.

**Основанием** под водоизоляционный ковер могут служить ровные, достаточно жесткие поверхности: теплоизоляционные плиты с пределом прочности на сжатие не менее 0,06 МПа; стяжки из цементно-песчаного раствора; сборные стяжки из асбестоцементных плоских прессованных листов толщиной 10 мм или из цементно-стружечных плит толщиной 10–12 мм.

Крепление мембранной кровли к основанию может осуществляться механическим, клеевым или балластным способом.

Наибольшее применение получил **механический способ** крепления мембраны к основанию с помощью саморезов, шайб, металлических или полимерных реек. Крепежные элементы располагают в местах стыка полотен мембран. Это наиболее экономичный, быстрый, не требующий применения клеев и растворителей метод. Может использоваться как для плоских, так и для скатных покрытий. Применение такого метода наиболее целесообразно, если необходимо получить легкую по весу кровельную систему, а также в зданиях с наружным водоотводом (при отсутствии парапетов).

**Клеевой** способ предполагает полное приклеивание мембраны к основанию. Его целесообразно использовать на крышах сложной конфигурации, с большим уклоном, с нестандартными формами, с повышенными ветровыми нагрузками, а также для любой крыши с ограниченной несущей способностью конструкций покрытия.

При **балластном** способе крепления мембрана свободно укладывается на основание, закрепляется по периметру и пригружается балластом (не менее  $50 \text{ кг/м}^2$ ), который дополнительно защищает мембрану от механических повреждений при эксплуатации. В качестве балласта используют щебень, гальку, тротуарные плиты и т. д. Такой способ крепления наиболее целесообразен, когда в качестве несуще-ограждающих конструкций применяются железобетонные плиты. Уклон кровли не должен превышать 15 %. Балластный способ крепления мембран предъявляет повышенные требования к качеству гидроизоляционных работ, т. к. ремонтные работы невозможны без демонтажа балласта.

Разновидностью балластной кровли является **инверсионная** кровля. Она отличается от традиционной кровли тем, что в ней влагостойкий утеплитель (экструдированный пенополистирол) находится не под гидроизоляцией, а над ней и дополнительно защищает ее от механических и температурных воздействий. Рекомендуемый уклон для инверсионной кровли – 1,5–3 %.

В зданиях с несуще-ограждающими конструкциями покрытия из стального профилированного настила может применяться металлическая кровля. **Металлическое покрытие** кровли может выполняться как из профилированных гнутых стальных листов, так и из плоских кровельных листов толщиной 0,6–0,7 мм, имеющих с двух сторон защитное антикоррозионное покрытие.

Профилированные листы с высотой гофра не менее 44 мм наиболее целесообразно применять в зданиях с длиной скатов не более 12 м. В направлении поперек ската листы соединяются внахлестку. При длине ската большей 12 м следует также выполнять стыки листов с нахлесткой и вдоль ската. При уклонах скатов менее 10 % величина нахлестки должна быть не менее 300 мм, а при уклонах свыше 10 % – не менее 200 мм. Стыки листов следует герметизировать. Крепление к расположенным ниже элементам покрытия осуществляется с помощью самонарезающих винтов.

Плоские кровельные листы шириной 500 мм для получения надежного соединения профилируются на стане и имеют продольные отбортовки, позволяющие выполнять двойной стоячий фальц при соединении их на кровле с помощью закаточной машинки. При необходимости устройства стыков листов в направлении поперек ската листы укладывают с нахлесткой не менее 250 мм с герметизацией стыков. К расположенным ниже элементам покрытия листы крепятся с помощью кляммер. Уклон скатов для такой кровли принимается 3–10 %.

В качестве **несущих элементов** ограждающей части покрытия могут применяться сборные железобетонные плиты, стальной или алюминиевый

профилированный настил и панели на их основе, а также панели с использованием древесных материалов или пластмасс.

#### 4.2. Устройство кровли при несуще-ограждающих конструкциях с применением профилированного настила

В зданиях с металлическим каркасом чаще всего в качестве несущего элемента ограждающей части покрытия применяется стальной несущий **профилированный настил** с высотой профиля не менее 44 мм с оцинкованным или полимерным покрытием. На рис. 4.1 приведены геометрические схемы и размеры несущего профилированного настила компании RUUKKI. Выбор высоты и толщины профнастила осуществляется в зависимости от величины действующей нагрузки и расстояния между опорами (фермами или прогонами).

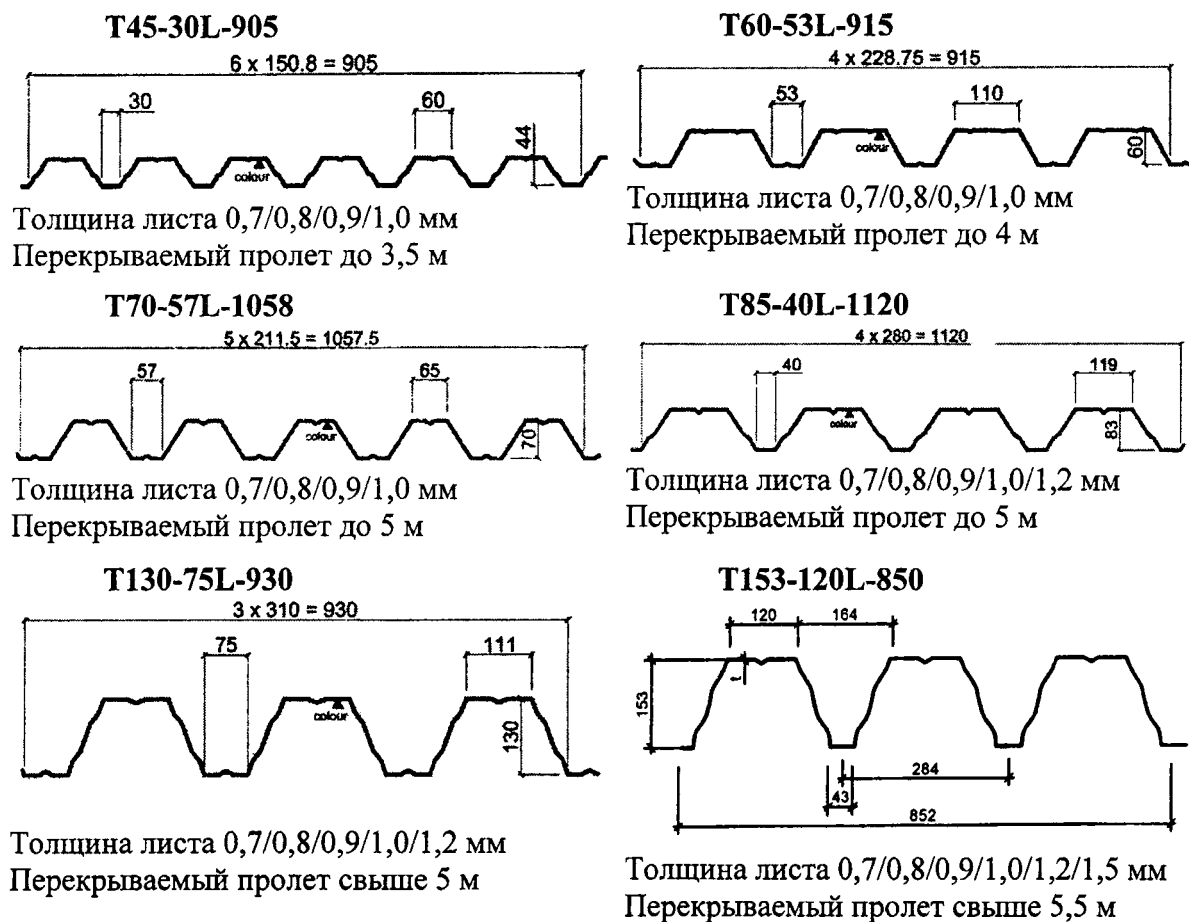


Рис. 4.1. Геометрические схемы и размеры несущего профилированного настила

Наибольшее применение получил профилированный настил с высотой гофра 60 и 75 мм. Он используется как при прогонном решении покрытия при шаге прогонов 3 м, так и при беспрогонном покрытии при шаге несущих элементов покрытия 3 или 4 м. При шаге несущих конструкций

покрытия 6 м возможно беспрогонное решение с использованием профилированного настила с высотой волны 130 или 153 мм. Настил может иметь длину до 12 м с опиранием на прогоны по двух-, трех- и четырех-пролетной схеме.

Профилированный настил крепится к верхним поясам несущих конструкций покрытия или прогонам самонарезающими винтами. Ширину полка элементов, на которые опирается настил, рекомендуется принимать не менее 40 мм. Между собой листы настила чаще всего соединяются с помощью комбинированных заклепок не реже чем через 500 мм.

В покрытиях с несущим профилированным настилом в качестве теплоизоляции применяют негорючие теплоизоляционные материалы из минераловатных или стекловолоконных плит. Плиты теплоизоляции наклеивают на профилированный настил или крепят механически.

В местах примыкания профнастила к стенкам парапетов, к деформационным швам, к водосточным воронкам, а также с каждой стороны конька и ендовы следует предусматривать заполнение пустот ребер настилов (со стороны теплоизоляции) на длину 250 мм заглушками из негорючих минераловатных или стекловатных материалов.

По покрытиям из профилированного настила возможно применение как рулонных, так и металлических кровельных материалов. Узлы устройства рулонной кровли в зданиях с несущее-ограждающими конструкциями покрытия построечного изготовления приведены на рис. 4.2–4.4. Узлы кровельного покрытия из профилированного настила даны на рис. 4.5.

В последние годы широкое применение в практике строительства получили двухслойные и трехслойные кровельные конструкции заводского изготовления с применением стального профилированного настила.

**Двухслойная панель** (или иначе «монопанель») представляет собой конструкцию, состоящую из несущего стального оцинкованного профилированного листа (окрашенного или неокрашенного) и трудностгораемого высокоэффективного теплоизоляционного материала – заливочного пенопласта марки «Пенорезол». Панели могут поставляться без покровного слоя и с полимерным покрытием. В первом случае основной водоизоляционный ковер устанавливается после монтажа панелей. Во втором случае покровный слой приформовывается в процессе изготовления (панели полной заводской готовности).

Геометрические размеры и вид панелей, разработанных институтом ФГУП «ЦНИИ Проектлегконструкция» (шифр 4-014-06,1), приведены на рис. 4.6. Длина панелей – от 1800 до 12 400 мм.

Панели могут применяться в одно- и многопролетных отапливаемых зданиях всех категорий, II–IV степени огнестойкости, с сухим и нормальным температурно-влажностным режимом во всех климатических районах с температурой наружного воздуха от  $-55$  до  $+55$  °С.

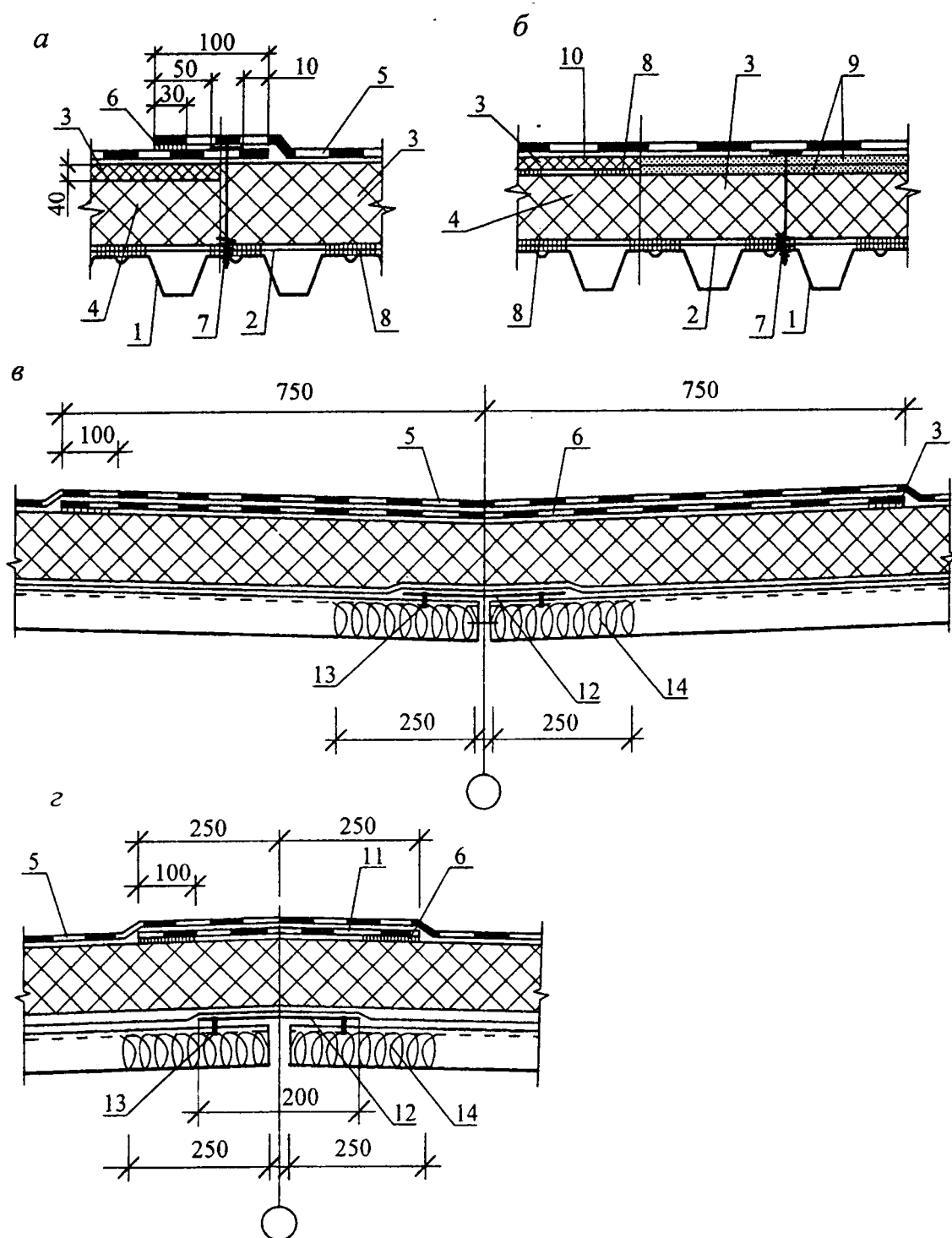


Рис. 4.2. Устройство мембранной кровли по покрытию из профилированного настила:

- а – кровля с механическим креплением к минераловатным плитам;  
 б – кровля с приклейкой мембраны и механическим креплением сборной стяжки;  
 в – устройство кровли в коньке; г – устройство кровли в ендове:  
 1 – стальной профилированный настил; 2 – пароизоляция; 3 – минераловатные плиты с прочностью на сжатие не менее 0,045 МПа; 4 – то же с прочностью 0,06 МПа;  
 5 – основной кровельный ковер из мембраны; 6 – соединение мембраны;  
 7 – механическое крепление; 8 – точечная приклейка; 9 – сборная стяжка;  
 10 – грунтовка горячей мастикой; 11 – усиление кровли в ендове (коньке);  
 12 – оцинкованная сталь толщиной 0,8 мм; 13 – комбинированная заклепка;  
 14 – заглушка из негорючего материала

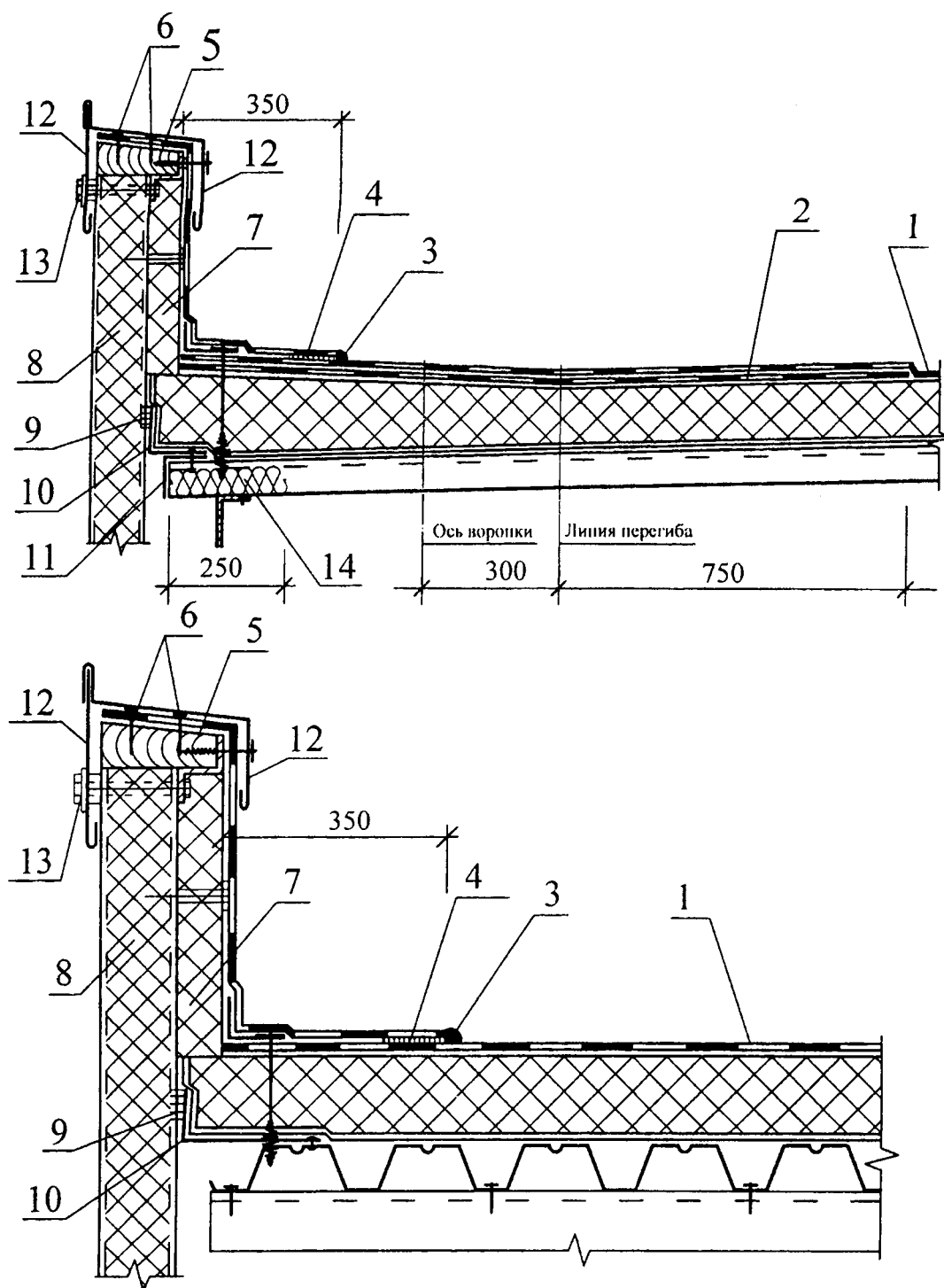


Рис. 4.3. Примыкание к парапету мембранной кровли  
при покрытии из профилированного настила:

1 – основной кровельный ковер из мембраны; 2 – усиление ендовы; 3 – краевой герметик;  
4 – соединение мембраны; 5 – деревянный брус, обработанный антисептиком  
и антипиреном; 6 – толевые гвозди 3×70 мм; 7 – минераловатные плиты с прочностью  
на сжатие не менее 0,06 МПа; 8 – трехслойные стеновые панели с металлическими  
обшивками; 9 – герметизирующая мастика; 10 – оцинкованная сталь толщиной 0,8 мм;  
11 – стальная гребенка; 12 – фартук из металлопласта; 13 – комплект деталей  
для крепления парапета; 14 – заглушка из негорючего материала

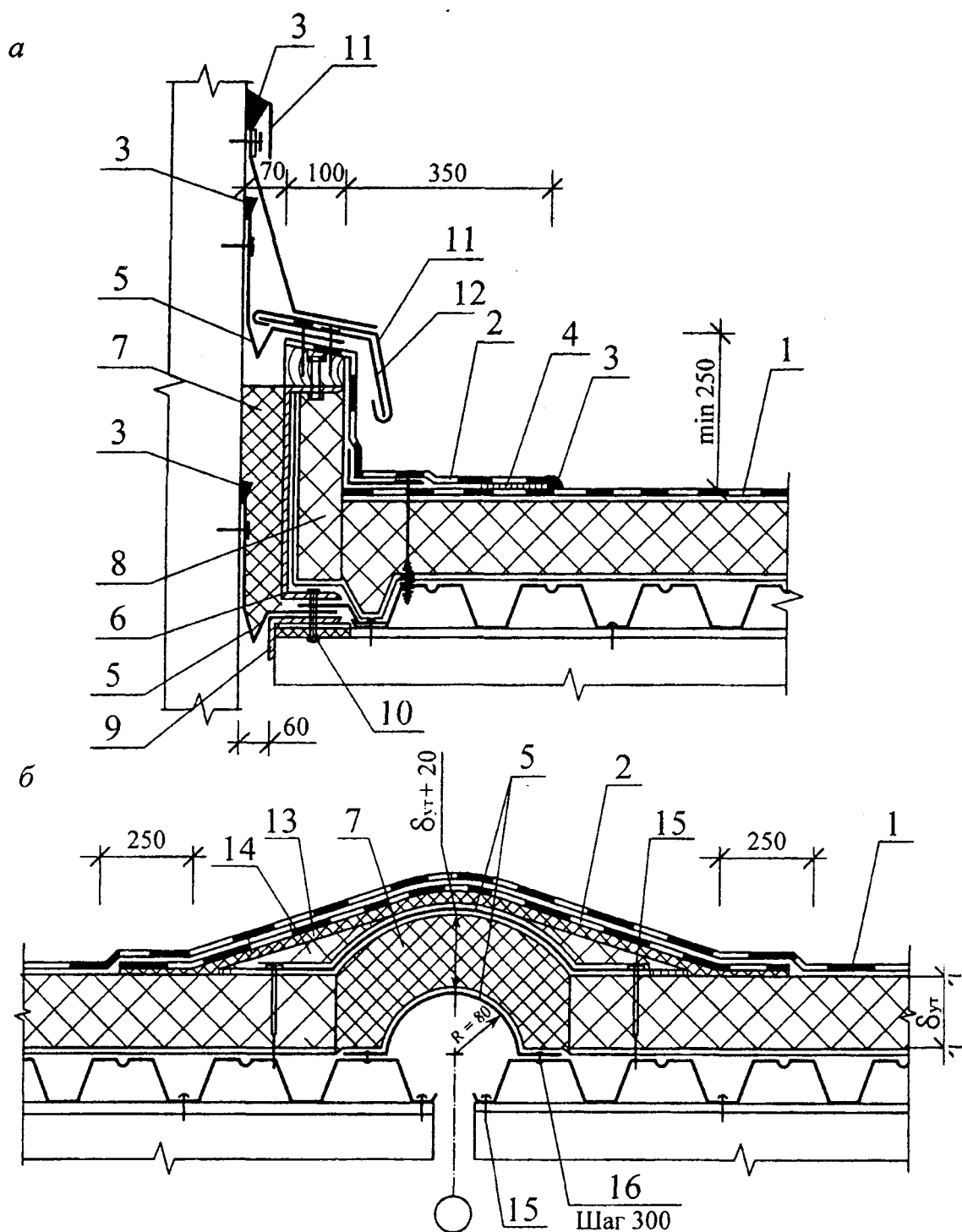


Рис. 4.4. Устройство температурно-деформационных швов  
в зданиях с покрытием из профилированного настила:

- 1 – основной кровельный ковер из мембраны; 2 – дополнительный слой гидроизоляции; 3 – краевой герметик; 4 – соединение мембраны; 5 – компенсатор из кровельной стали; 6 – бортик из гнутого швеллера; 7 – минеральная вата; 8 – минераловатные плиты с прочностью на сжатие не менее 0,06 МПа; 9 – уголок 125×80×7 мм; 10 – болт с шайбой и гайкой; 11 – фартук из металлопласта; 12 – костыль из стальной полосы 4×40 мм; 13 – слой текстиля; 14 – бортик из теплоизоляционных минераловатных плит; 15 – крепежный элемент; 16 – заклепка комбинированная



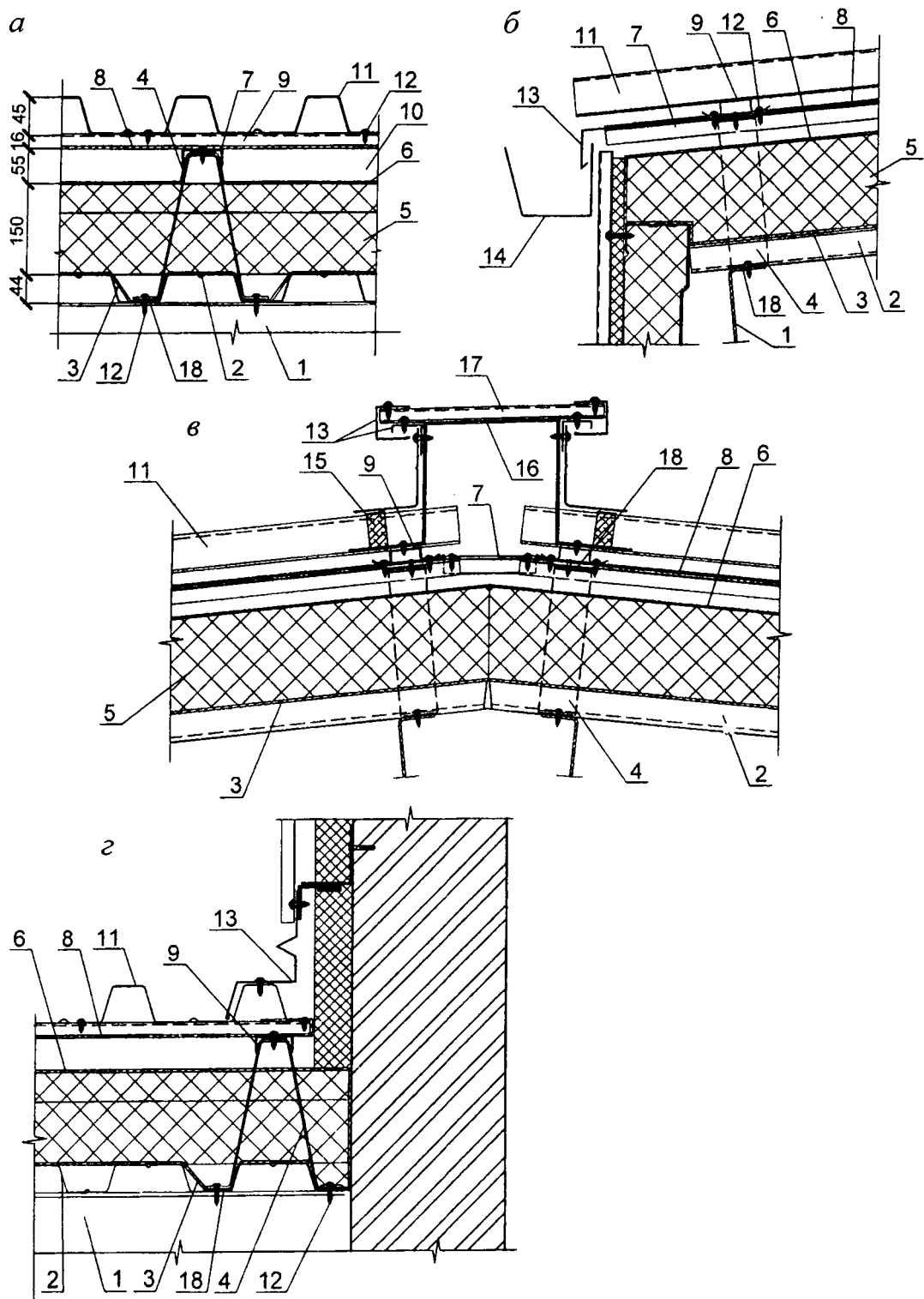


Рис. 4.5. Устройство кровли из профилированного настила:

*а* – конструктивное решение; *б* – карнизный узел; *в* – вариант устройства конькового узла; *г* – примыкание к кирпичной стене:

- 1 – прогон; 2 – нижний профнастил; 3 – пароизоляционная пленка; 4 – опорные столы с шагом 800×1500 мм; 5 – утеплитель (минеральная вата); 6 – ветрозащитная пленка; 7 – направляющий профиль для укладки противоконденсатной пленки с шагом 800 мм; 8 – противоконденсатная пленка; 9 – профиль для крепления верхнего профнастила с шагом 1500 мм; 10 – вентилируемая воздушная прослойка; 11 – верхний профнастил; 12 – самонарезающие винты; 13 – элементы обрамления из плоского листа с покрытием; 14 – элементы водосточной системы; 15 – уплотнитель; 16 – опорный столик конька; 17 – профнастил покрытия конька; 18 – термоизолирующая прокладка

Монопанели могут быть использованы в зданиях с плоскостными несущими конструкциями покрытий из стали, древесины или железобетона, а также с перекрестно-стержневыми металлическими конструкциями как в зданиях с наружным, так и с внутренним водоотводом.

В качестве кровельного материала также могут использоваться полимерные рулонные материалы или металлические листы.

Торцы панелей следует опирать на несущие конструкции покрытий или прогоны минимум на 60 мм. Конструкции продольного и поперечного стыков панелей приведены на рис. 4.7. Монопанели крепят к прогонам самонарезающими винтами В6×25, которые устанавливаются по торцевым краям панели через волну (в трех точках), а на промежуточных опорах – по краям (в двух точках). Между обшивками смежных панелей следует проложить герметик.

При использовании панелей без основного водоизоляционного ковра (рис. 4.6, а) кровлю выполняют из полимерных рулонных материалов (мембран) или из металлических листов. Уклон скатов мембранной кровли на основе эластичного ПВХ, термопластичного полиолефина или вулканизированного каучука принимают 1,5–5 %. Возможно также устройство двухслойных и многослойных кровель из наплавляемых рулонных материалов на битумно-полимерной основе. Металлические кровельные листы крепятся к монопанелям с помощью кляммер, которые, в свою очередь, крепятся самонарезающими винтами к монтажным элементам панели. Уклон скатов для металлической кровли принят 3–10 %.

При использовании в покрытии двухслойных панелей полной заводской готовности (рис. 4.6, б) герметизация стыков в продольном и поперечном направлениях осуществляется накладками из того же материала, что и мембраны, используемые для наружного слоя панели. Накладки крепят к мембранам с помощью монтажных клеев, мастик и самоклеящихся лент.

Характерные узлы покрытия с применением двухслойных кровельных панелей приведены на рис. 4.8.

При уклонах скатов не менее 5 % часто применяют **трехслойные панели покрытия (сэндвич-панели)**. Обшивки таких панелей выполняют, как правило, из профилированного настила толщиной 0,7–1,0 мм с антикоррозионным покрытием. Средний слой выполняется из эффективного утеплителя.

В зависимости от способа изготовления различают панели полной заводской готовности и панели поэлементной сборки, выполняемой на строительной площадке.

В качестве утеплителя при изготовлении трехслойных панелей полной заводской готовности чаще всего применяют минеральную вату плотностью не менее 110 кг/м<sup>3</sup> или пенополиуретан, вспененный в полости панели между обшивками.

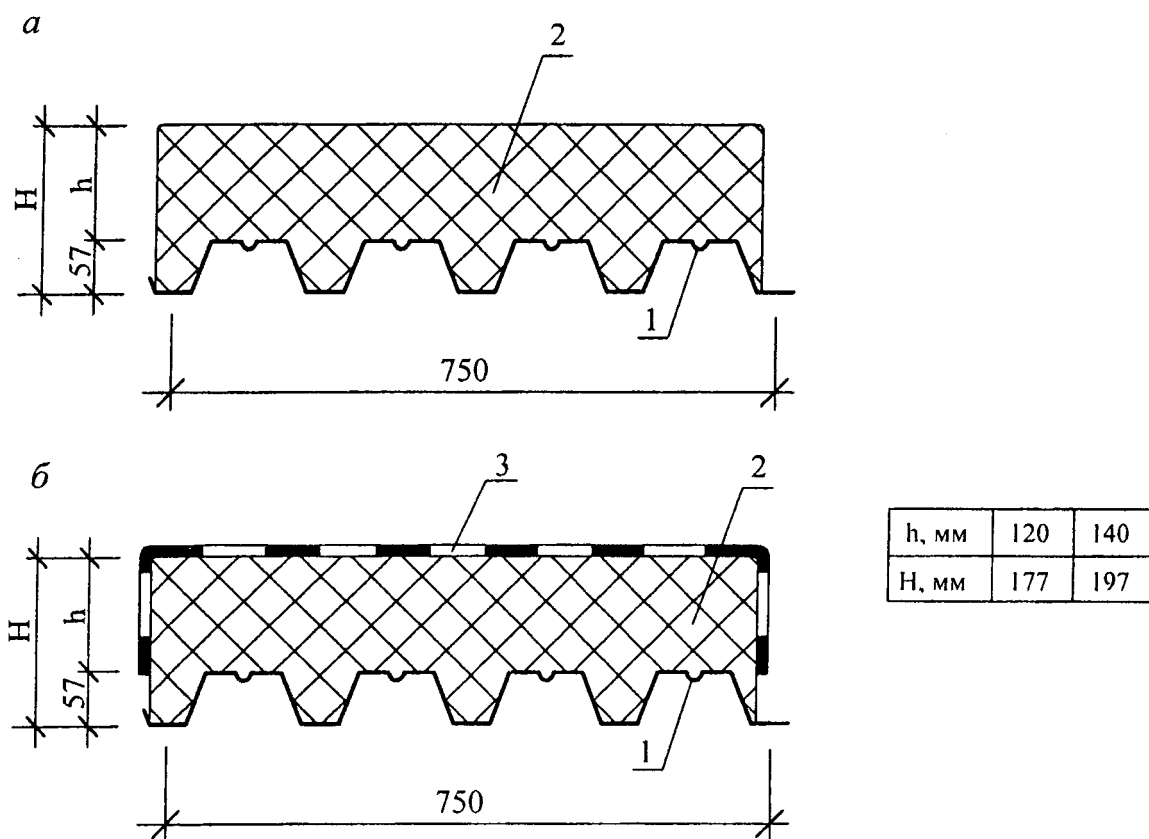


Рис. 4.6. Кровельные двухслойные панели:

*a* – без покровного слоя; *б* – с полимерным покрытием:

1 – профилированный стальной лист Н57-750-0,7(0,8); 2 – фенольный пенопласт;  
3 – покровный слой из полимерного кровельного материала

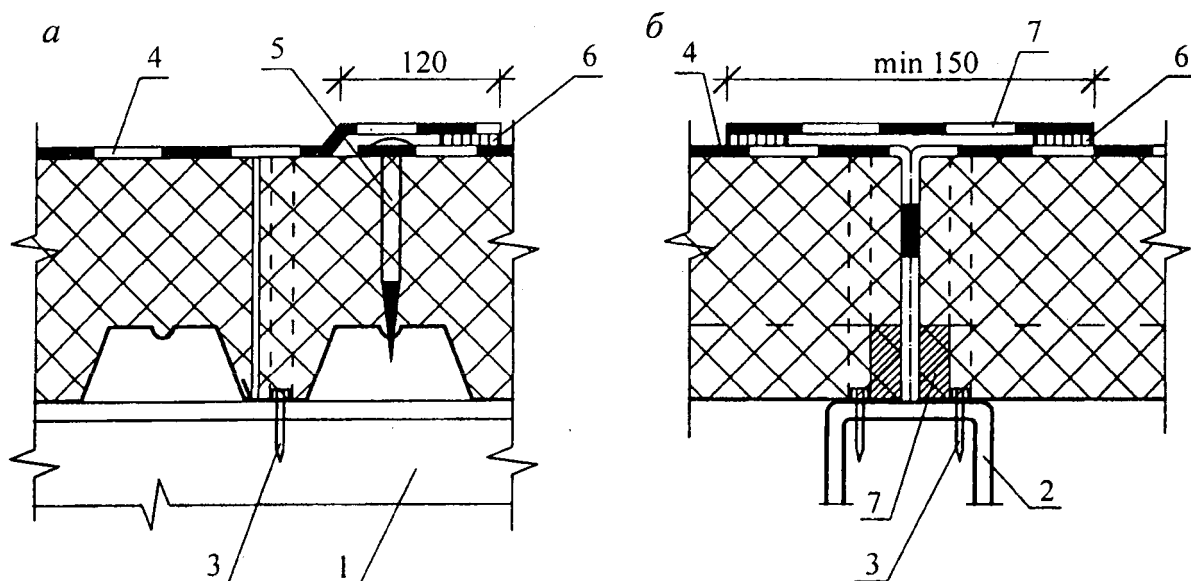


Рис. 4.7. Стыки двухслойных панелей:

*a* – продольный; *б* – поперечный:

1 – прогон; 2 – верхний пояс стропильной фермы; 3 – саморез;  
4 – гидроизоляционный слой (мембрана); 5 – специальный саморез;  
6 – сварной шов; 7 – накладка из материала кровли; 8 – заглушка

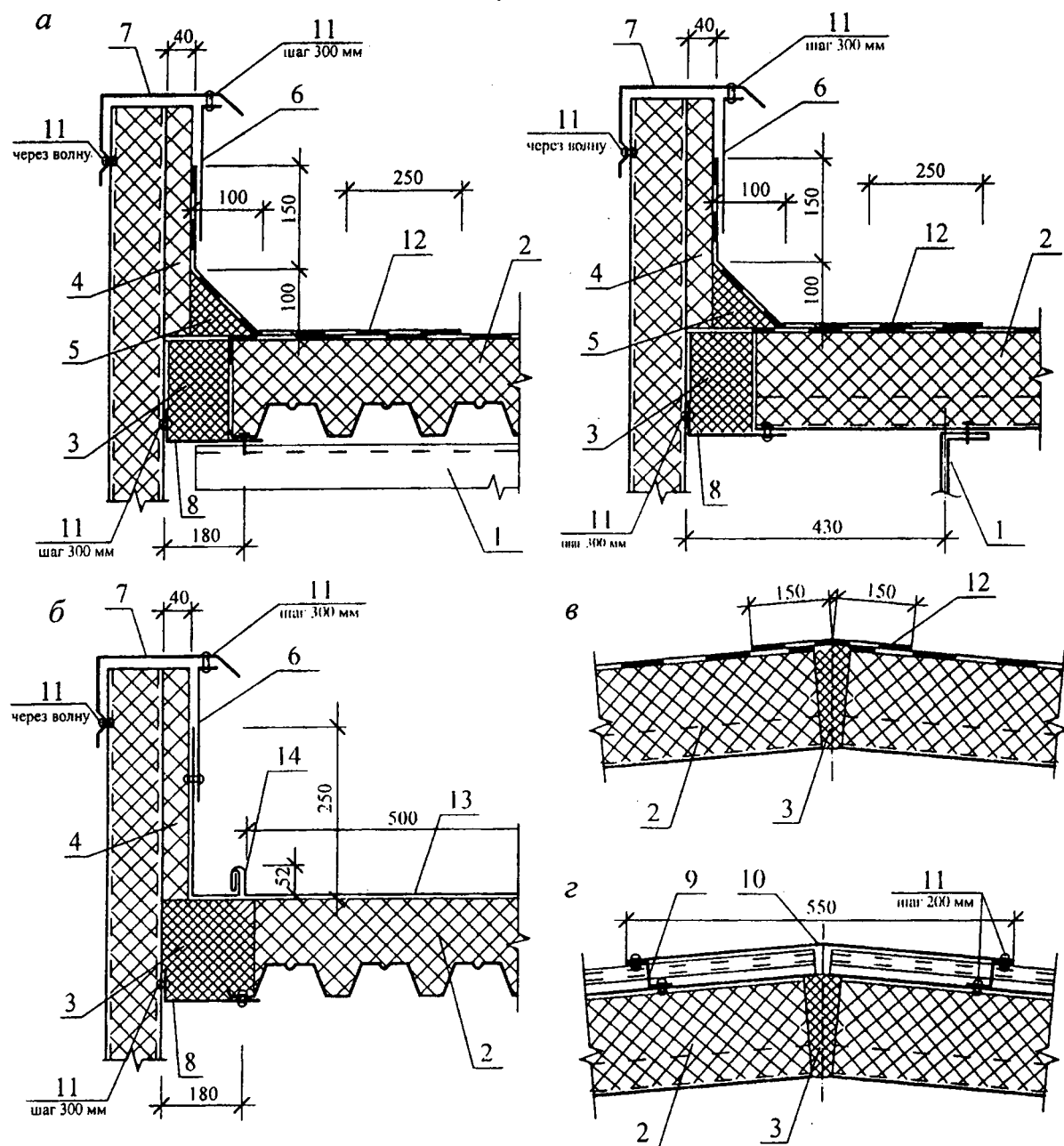


Рис. 4.8. Узлы покрытия с применением двухслойных кровельных панелей (монопанелей):

*а* – примыкание кровельных панелей к парапету из стеновых сэндвич-панелей при полимерной кровле; *б* – то же при кровле из металлических листов;

*в* – узел конька при полимерной кровле;

*г* – то же при кровле с металлическим покрытием:

1 – прогон; 2 – монопанель; 3–5 – доборный утеплитель из минеральной ваты в полиэтиленовой пленке; 6 – фартук из оцинкованной стали; 7–10 – фасонные элементы из оцинкованного и окрашенного стального листа; 11 – заклепки комбинированные;

12 – рулонный полимерный кровельный материал на холодной мастике;

13 – металлический кровельный лист; 14 – двойной стоячий фальц

Применение пенополиуретана позволяет уменьшить вес панели, повысить влагостойкость и теплоизолирующую способность. Однако этот утеплитель не в полной мере отвечает требованиям пожарной безопасности. В связи с этим в последнее время все чаще в качестве утеплителя в трехслойных панелях применяют полиизоциурат, который не имеет этого недостатка.

Сэндвич-панели заводского изготовления могут выпускаться толщиной от 85 до 250 мм и длиной от 1,5 до 18 м. На рис. 4.9 приведена конструкция панели BALEXTHERM D с наполнителем из полиуретана и варианты устройства поперечного и продольного стыков кровельных панелей. На рис. 4.10 и 4.11 даны характерные узлы покрытия с применением кровельных сэндвич-панелей полной заводской готовности.

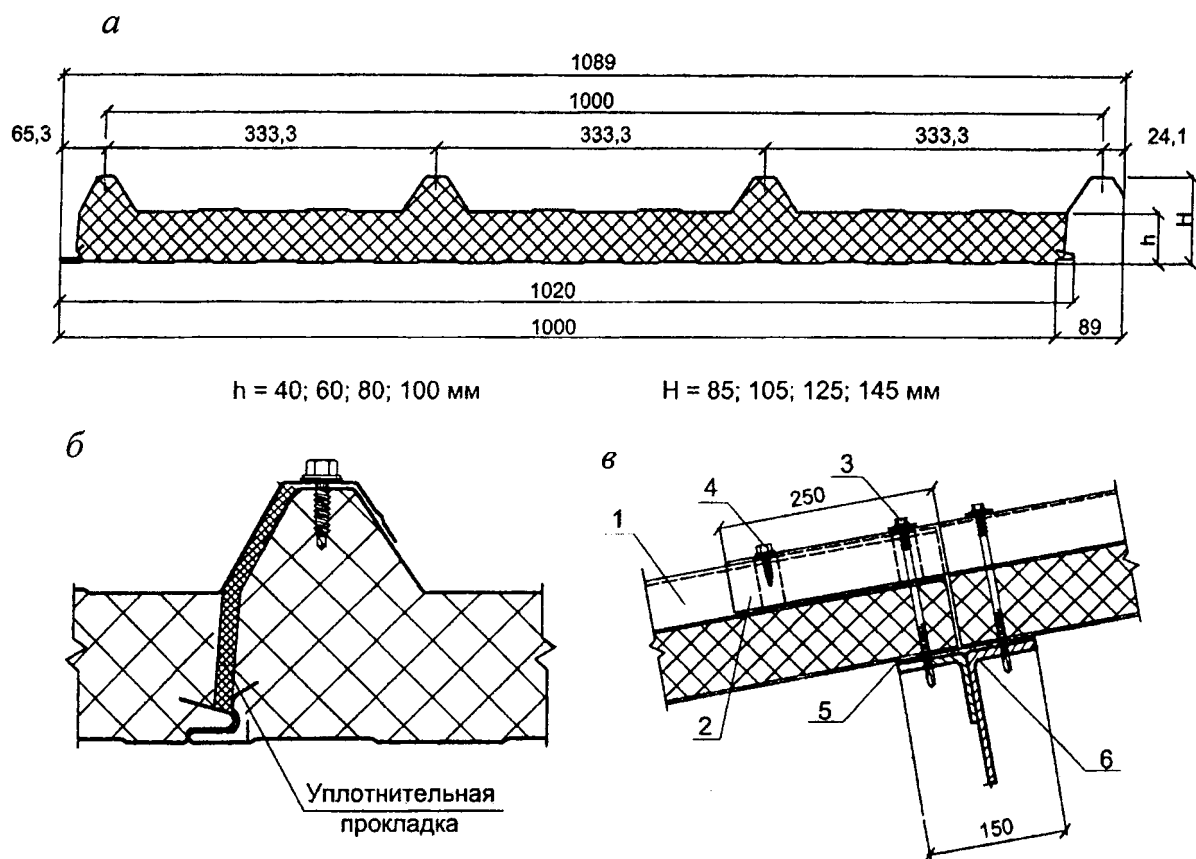


Рис. 4.9. Трехслойные кровельные панели с утеплителем из пенополиуретана:

*a* – конструкция панели; *б* – продольный стык панелей; *в* – поперечный стык панелей:  
 1 – панель металлическая трехслойная кровельная; 2 – уплотнитель; 3 – саморез  $\varnothing 5,5 \times L$  с ЭПДМ-прокладкой, шаг 400 мм; 4 – саморез  $\varnothing 4,8 \times 28$  с прессшайбой, шаг 300 мм;  
 5 – самоклеющаяся уплотнительная лента; 6 – прогон

Основой сэндвич-панелей поэлементной сборки (кассетные панели) является сэндвич-профиль из тонколистовой оцинкованной стали толщиной 0,7–1 мм с полимерным покрытием (рис. 4.12).

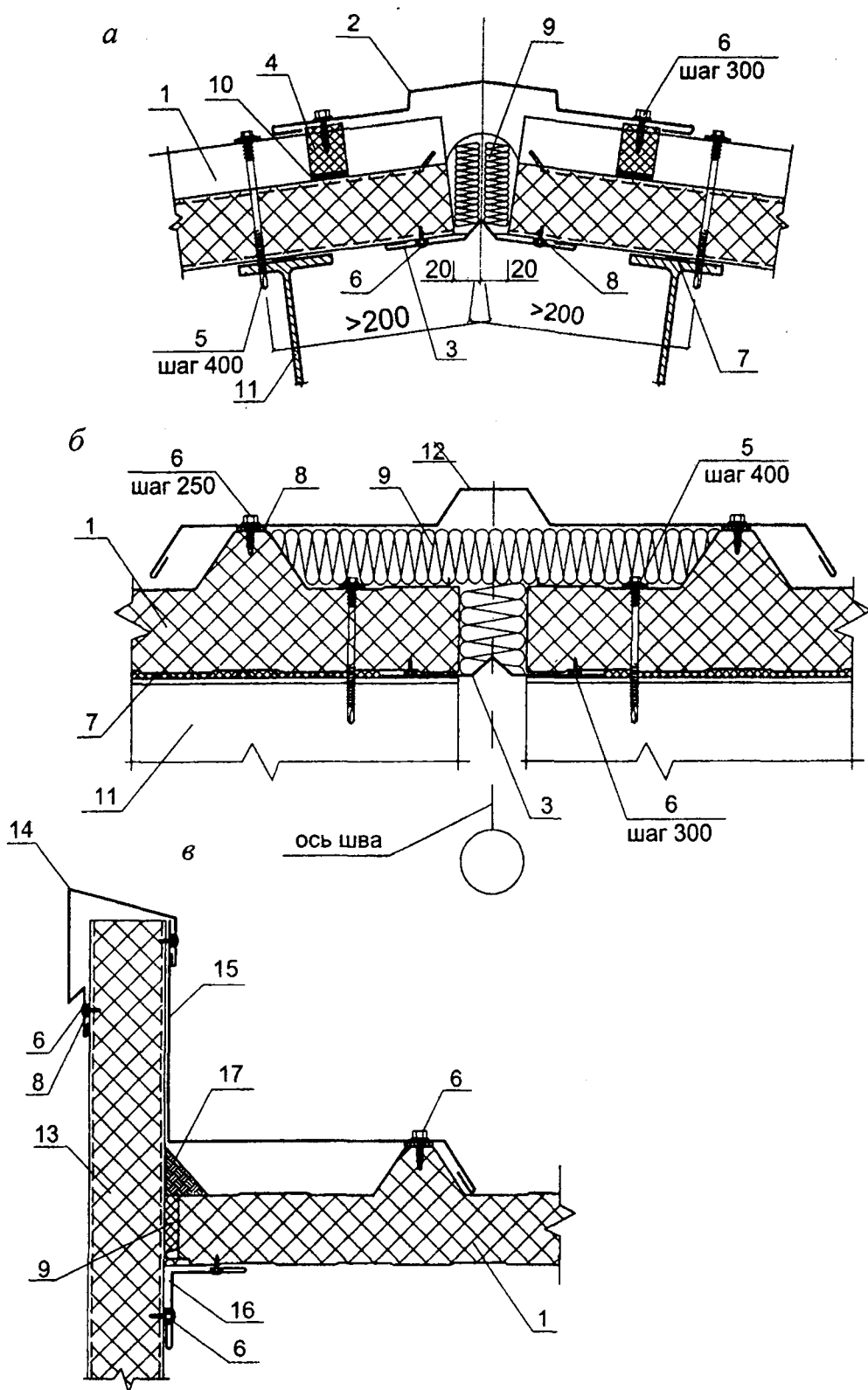


Рис. 4.10. Узлы покрытия из трехслойных панелей заводского изготовления:  
*а* – коньковый; *б* – температурно-деформационный шов; *в* – примыкания к парапету:  
 1 – панель металлическая трехслойная; 2 – фасонная металлическая коньковая деталь,  $t = 0,5$  мм; 3 – стальной компенсатор,  $t = 0,5$  мм; 4 – уплотнительная лента; 5 – саморез с ЭПДМ-прокладкой с шагом 400 мм; 6 – саморез с прессшайбой  $\varnothing 4$ , шаг 300 мм; 7 – самоклеющаяся уплотнительная лента; 8 – герметик; 9 – минеральная вата; 10 – клей-герметик (по контуру профиля); 11 – прогон; 12 – стыковочный элемент,  $t = 0,5$  мм; 13 – стеновая панель; 14 – завершающий элемент парапета,  $t = 0,5$  мм; 15 – отлив желоба,  $t = 0,5$  мм; 16 – угловой элемент,  $t = 0,5$  мм; 17 – полимерная отверждаемая мастика

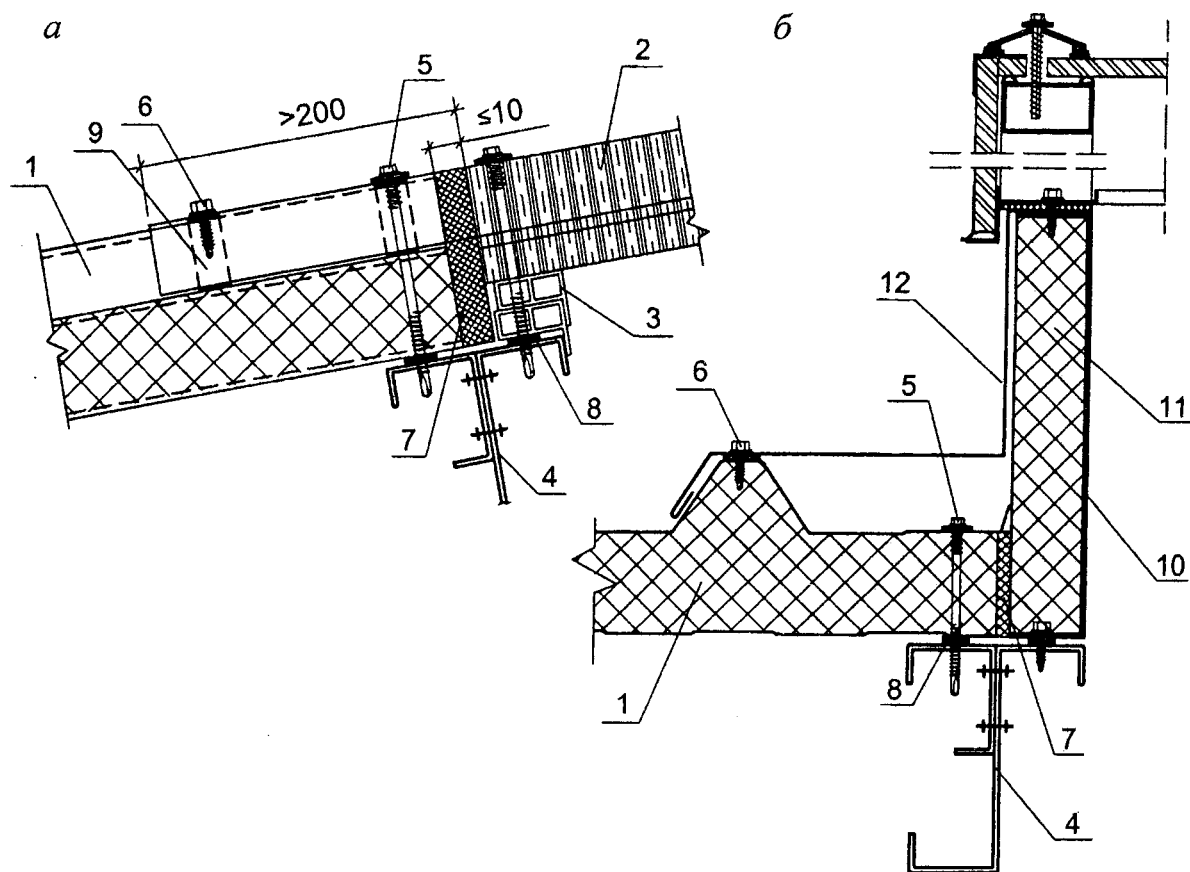


Рис. 4.11. Узлы покрытия из трехслойных панелей  
заводского изготовления:

*a* – сопряжение светопрозрачной панели из поликарбоната с кровельной сэндвич-панелью по скату; *б* – примыкание к коньковому ленточному фонарю:

- 1 – кровельная трехслойная панель; 2 – камерный поликарбонат – световой фонарь ската;  
3 – проставка из ПВХ между подстропильной балкой и световым фонарем; 4 – стальной прогон; 5 – саморез с ЭПДМ-прокладкой; 6 – саморез или односторонняя заклепка;  
7 – полиуретановая уплотнительная прокладка или монтажная пена; 8 – изоляционная самоклеящаяся лента; 9 – каучуковый герметик; 10 – опорный элемент фонаря;  
11 – теплоизоляция фонаря; 12 – фасонный элемент,  $t = 0,5$  мм

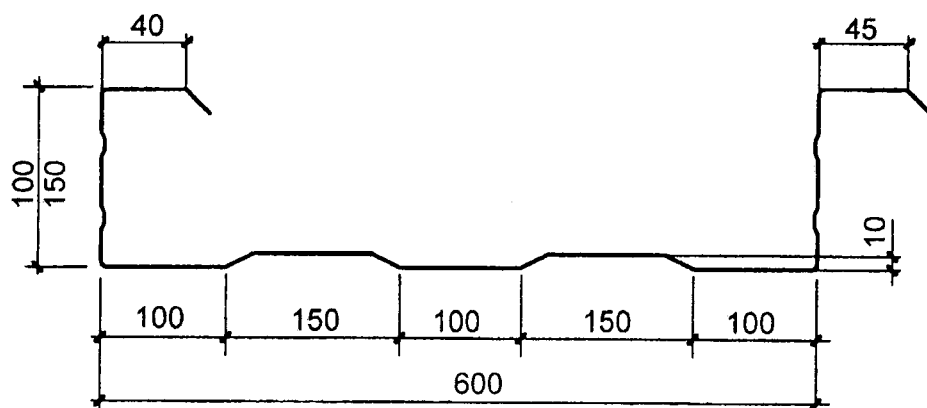


Рис. 4.12. Сэндвич-профиль

В полость сэндвич-профиля вставляется негорючий, легкий и недорогой утеплитель (минеральная вата или стекловата). В качестве верхней обшивки чаще всего используют профилированный настил с высотой волны от 35 до 60 мм в зависимости от пролета и уклона ската. Кровельный профилированный лист крепится самонарезающими винтами к специальным шляпным профилям. Конструкция кровельных панелей поэлементной сборки без дополнительного утепления приведена на рис. 4.13.

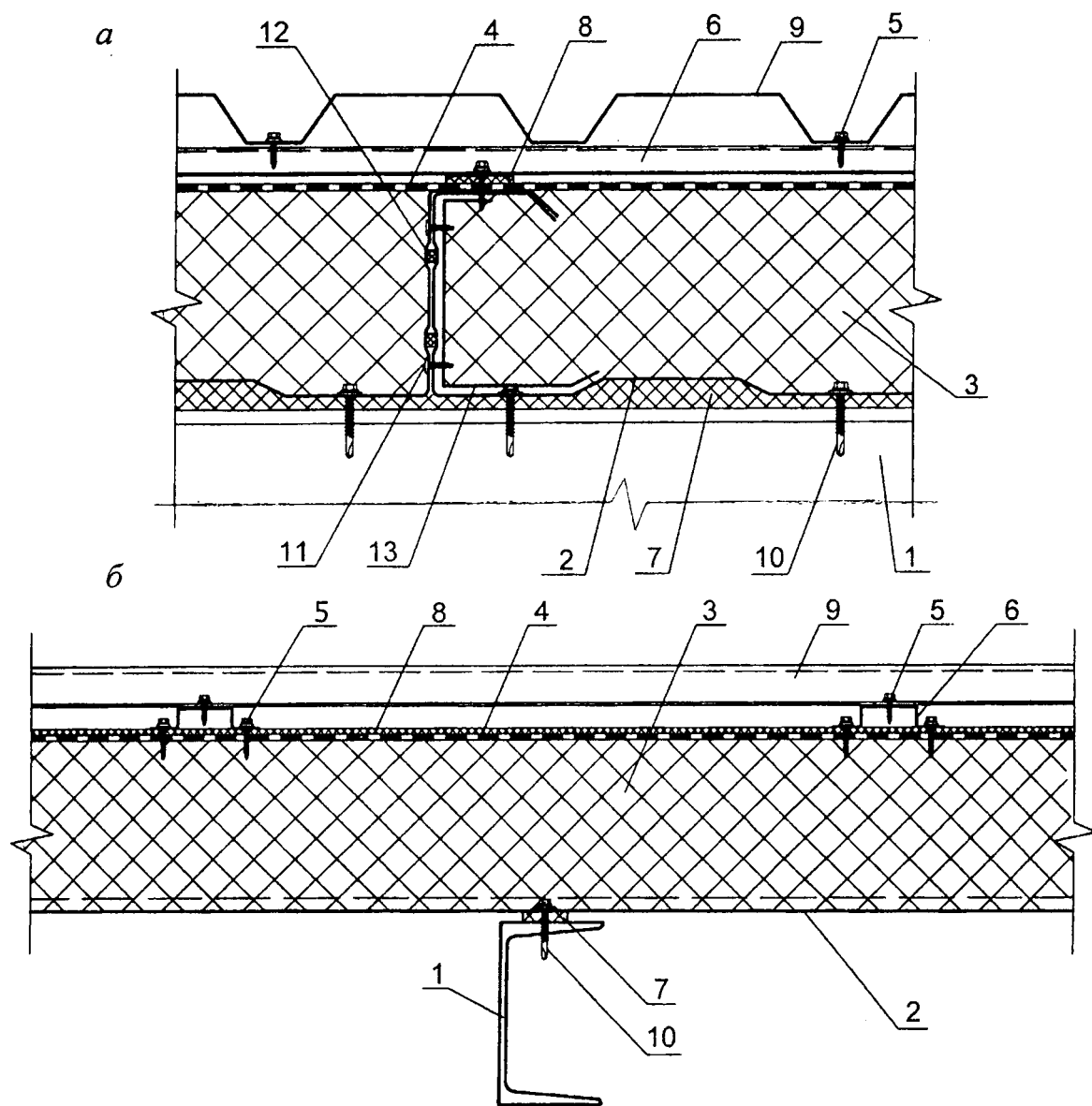


Рис. 4.13. Кровельные панели поэлементной сборки без дополнительного утепления:

*а* – продольный стык; *б* – сечение панели в направлении ската:

- 1 – прогон; 2 – сэндвич-профиль; 3 – теплоизоляция; 4 – гидроветрозащитная мембрана;
- 5 – саморез  $\varnothing 4,8 \times 28$  или  $\varnothing 4,8 \times 50$  с ЭПДМ-прокладкой; 6 – шляпный профиль  $50 \times 20$  мм;
- 7 – утеплитель; 8 – терморазделяющая полоса; 9 – кровельный профилированный лист;
- 10 – саморез  $\varnothing 5,5 \times 32$  с ЭПДМ-прокладкой; 11 – саморез  $\varnothing 4,2 \times 16$  (19) с прессшайбой;
- 12 – уплотнитель горизонтальный; 13 – элемент жесткости



Благодаря наличию вентилируемого зазора и пароизоляционной мембраны в утеплителе не накапливается влага и его свойства в процессе эксплуатации не ухудшаются. Для предотвращения образования мостиков холода на бортики сэндвич-профиля наклеивается терморазделяющая полоса.

В случае необходимости возможно устройство покрытия с дополнительным утеплением (рис. 4.14). В этом случае поверх первого слоя теплоизоляции перпендикулярно расположению сэндвич-профилей крепятся Z-образные прогоны, между которыми укладывается второй слой утеплителя. Максимальная толщина слоя теплоизоляции в сэндвич-панели поэлементной сборки может достигать 350 мм. Использование такого покрытия незначительно увеличивает стоимость и практически устраняет вероятность появления мостиков холода.

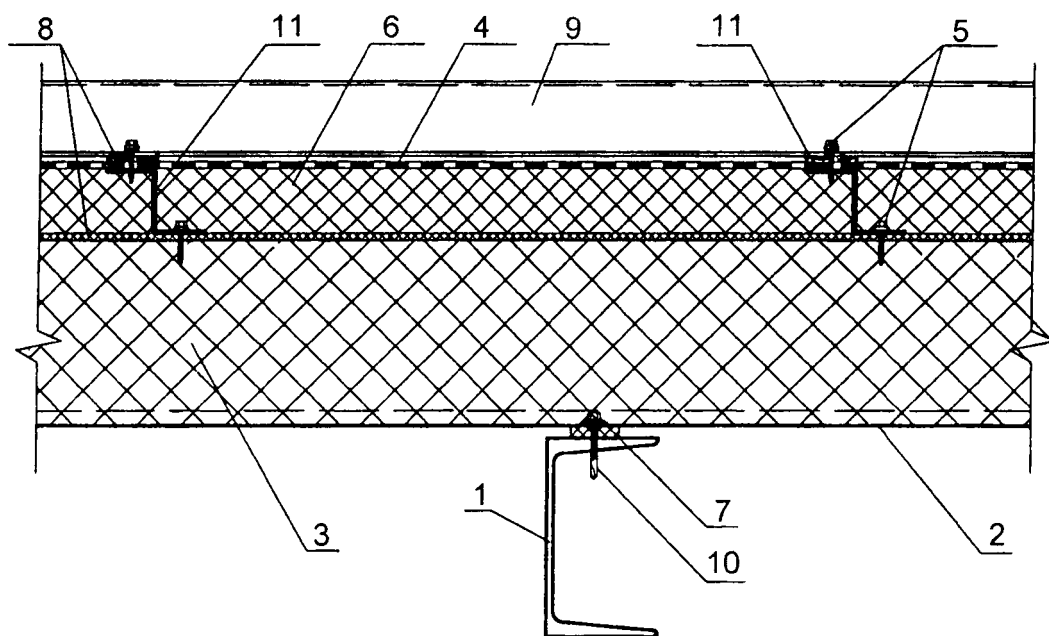


Рис. 4.14. Конструкция панели поэлементной сборки с дополнительным утеплением:

1 – прогон; 2 – сэндвич-профиль; 3 – теплоизоляция; 4 – гидроветрозащитная мембрана; 5 – саморез  $\varnothing 4,8 \times 28$  с ЭПДМ-прокладкой; 6 – дополнительное утепление; 7 – уплотнитель; 8 – терморазделяющая полоса; 9 – кровельный профилированный настил; 10 – саморез  $\varnothing 5,5 \times 32$  с ЭПДМ-прокладкой; 11 – прогон Z-образный

Кассетные панели имеют повышенную герметичность, достаточно высокую прочность и жесткость. Они могут быть использованы в зданиях любого назначения при шаге несущих элементов до 4 м. Следует также отметить возможность легкой замены отдельных элементов такого покрытия или полного демонтажа, если такая необходимость возникнет.

На рис. 4.15 дан вариант устройства желоба внутреннего водоотвода на примере покрытия с панелями без дополнительного утепления.

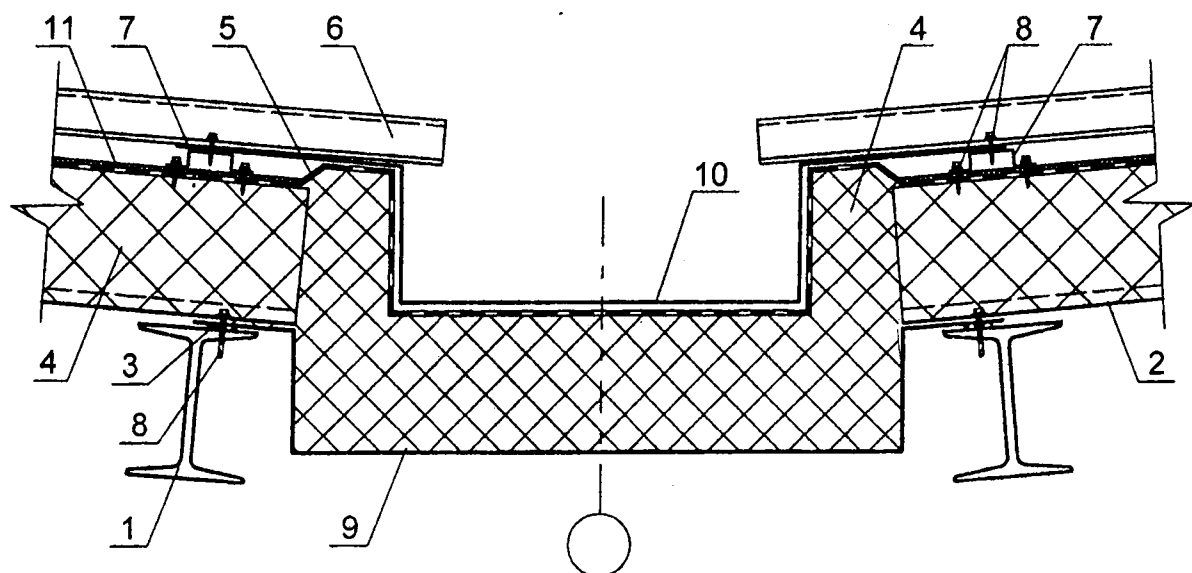


Рис. 4.15. Устройство внутреннего водоотвода при использовании в покрытии кассетных панелей без дополнительного утепления:  
 1 – прогон покрытия; 2 – сэндвич-профиль; 3 – уплотнитель; 4 – теплоизоляция;  
 5 – гидроветрозащитная мембрана; 6 – кровельный профилированный настил;  
 7 – шляпный профиль; 8 – саморез с ЭПДМ-прокладкой; 9 – рубашка желоба  
 (оцинкованная сталь,  $t = 2 \text{ мм}$ ); 10 – водосточный желоб из оцинкованной стали,  
 $t = 0,5 \text{ мм}$ ; 11 – терморазделяющая полоса

Применяемые в покрытиях **прогоны** могут быть сплошного сечения и решетчатые. **Сплошные прогоны** выполняют из прокатных швеллеров или из гнутых профилей швеллерного, С-образного или Z-образного сечения.

В табл. 4.1 и 4.2 приведены геометрические размеры сечений некоторых профилей, которые могут быть использованы в качестве прогонов покрытия.

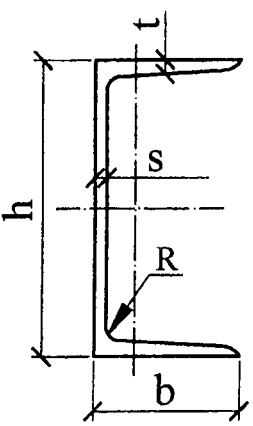
Прогоны из горячекатаных профилей используют при шаге стропильных конструкций не более 6 м. Прогоны из гнутых профилей при легкой кровле и небольших снеговых нагрузках могут применяться при шаге до 12 м.

Таблица 4.1

Геометрические размеры Z-профилей

	Толщина, мм						Толщина, мм					
	H, мм	A, мм	B, мм	C, мм	C, мм	C, мм	H, мм	A, мм	B, мм	C, мм	C, мм	C, мм
Z 200	1,50	200	48	53	18	18	Z 250	1,50	250	65	75	19
	2,00	200	48	53	18	18		2,00	250	65	75	20
	2,50	200	48	55	18	18		2,50	250	65	75	20
	3,00	200	48	68	18	18		3,00	250	65	75	21
Z 200	1,50	200	60	68	19	19	Z 300	1,50	300	65	75	21
	2,00	200	60	68	20	20		2,00	300	65	75	21
	2,50	200	60	68	19	19		2,50	300	65	75	22
	3,00	200	60	68	20	20		3,00	300	65	75	21

Геометрические размеры сечений горячекатаных швеллеров

	Номер швеллера	$h$ , мм	$b$ , мм	$s$ , мм	$t$ , мм	$R$ , мм
	12П	120	52	4,8	7,8	7,5
	14П	140	58	4,9	8,1	8,0
	16П	160	64	5,0	8,4	8,5
	16аП	160	68	5,0	9,0	8,5
	18П	180	70	5,1	8,7	9,0
	18аП	180	74	5,1	9,3	9,0
	20П	200	76	5,2	9,0	9,5
	20П	220	82	5,4	9,5	10,0
	24П	240	90	5,6	10,0	10,5
	27П	270	95	6,0	10,5	11,0
	30П	300	100	6,5	11,0	12,0
	33П	330	105	7,0	11,7	13,0
	36П	360	110	7,5	12,6	14,0
	40П	400	115	8,0	13,5	15,0

Шаг прогонов определяется в зависимости от шага несущих конструкций, величины действующей нагрузки и несущей способности профиля. При стропильных покрытиях из балок шаг прогонов может приниматься любой (чаще всего от 1,5 до 3,0 м). Если в качестве несущих конструкций использованы стропильные фермы, прогоны следует устанавливать с шагом 3 м, что соответствует расстоянию между узлами верхнего пояса фермы.

Сплошные прогоны выполняются по разрезной или неразрезной схемам. При неразрезной схеме расход стали на прогоны меньше, но в целях упрощения монтажа часто применяются разрезные прогоны. Многопролетная неразрезная схема чаще используется для прогонов из гнутых профилей. Соединение холодногнутых профилей выполняют с перехлестом по длине.

Прогоны крепят к поясам ферм и балок с помощью коротышей из уголков, планок или гнутых элементов из листовой стали (рис. 4.16).

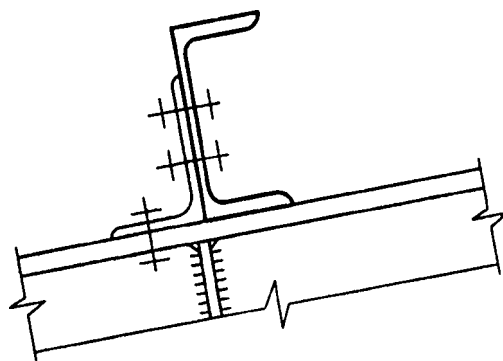


Рис. 4.16. Крепление прогона к конструкции покрытия с помощью коротыша из уголка

При небольших уклонах кровли (не более 2,5 %) прогоны работают в одной плоскости. При кровле с большим уклоном прогоны, расположенные на скате, работают на изгиб в двух плоскостях (косой изгиб). Чтобы уменьшить изгибающий момент в прогонах в направлении ската, они могут быть раскреплены тяжами из круглой стали диаметром 18–22 мм (рис. 4.17).

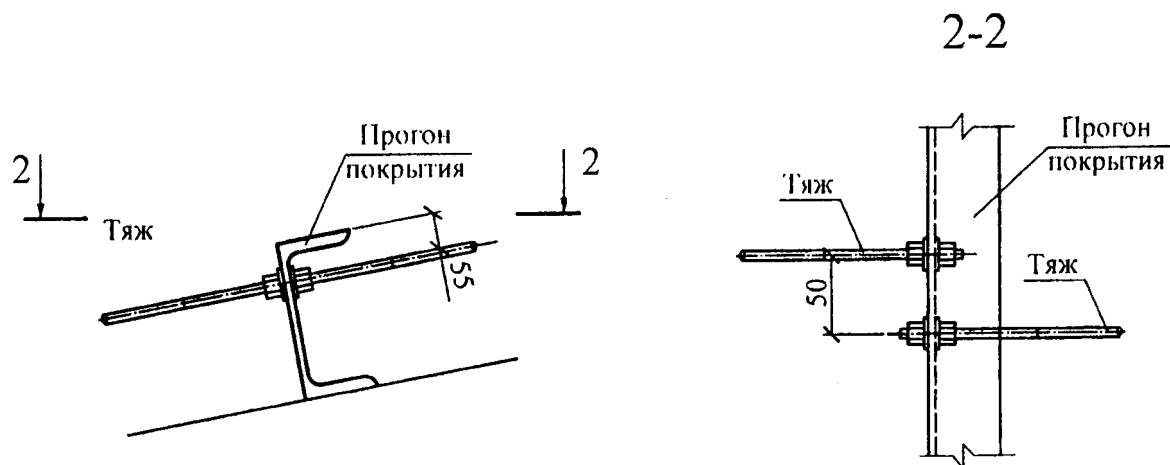


Рис. 4.17. Крепление тяжей к рядовым прогонам

В зависимости от величины уклона и шага стропильных конструкций по длине прогона могут быть установлены один или два тяжа. Если кровельный настил крепится к прогонам жестко, тяжи могут не устанавливаться.

В коньке чаще всего устанавливают спаренные прогоны, которые объединяют попарно стальными пластинами не реже чем через 1 м (рис. 4.18).

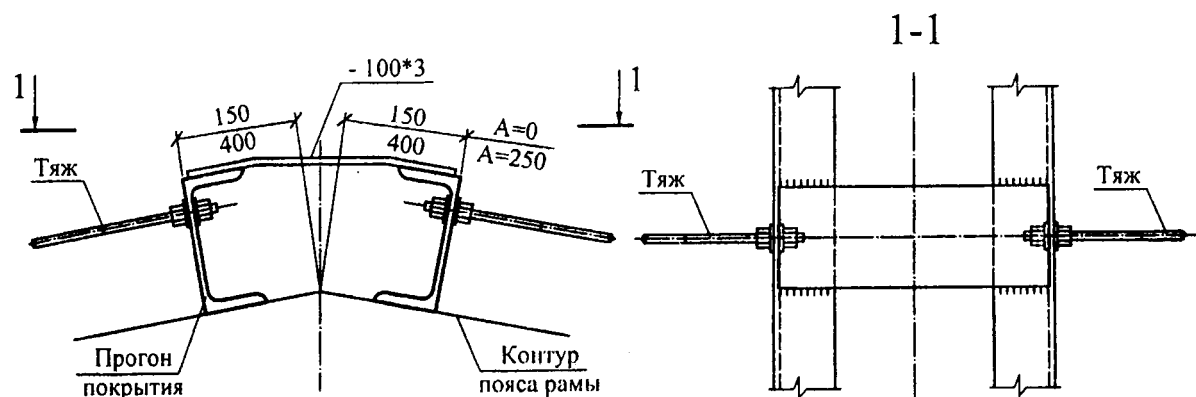


Рис. 4.18. Объединение коньковых прогонов и крепление к ним тяжей

При шаге несущих конструкций покрытия 12 м и значительных нагрузках более рациональны **сквозные (решетчатые)** прогоны и разработанные в ЦНИИ «Проектстальконструкция» прогоны из перфорированного двутавра (см. рис. 2.7).

Главный недостаток решетчатых прогонов – большое число элементов и узловых сопряжений, т. е. высокая трудоемкость изготовления. С этой точки зрения наиболее целесообразны типовые трехпанельные прогоны из холодногнутых (рис. 4.19) или из прокатных швеллеров.

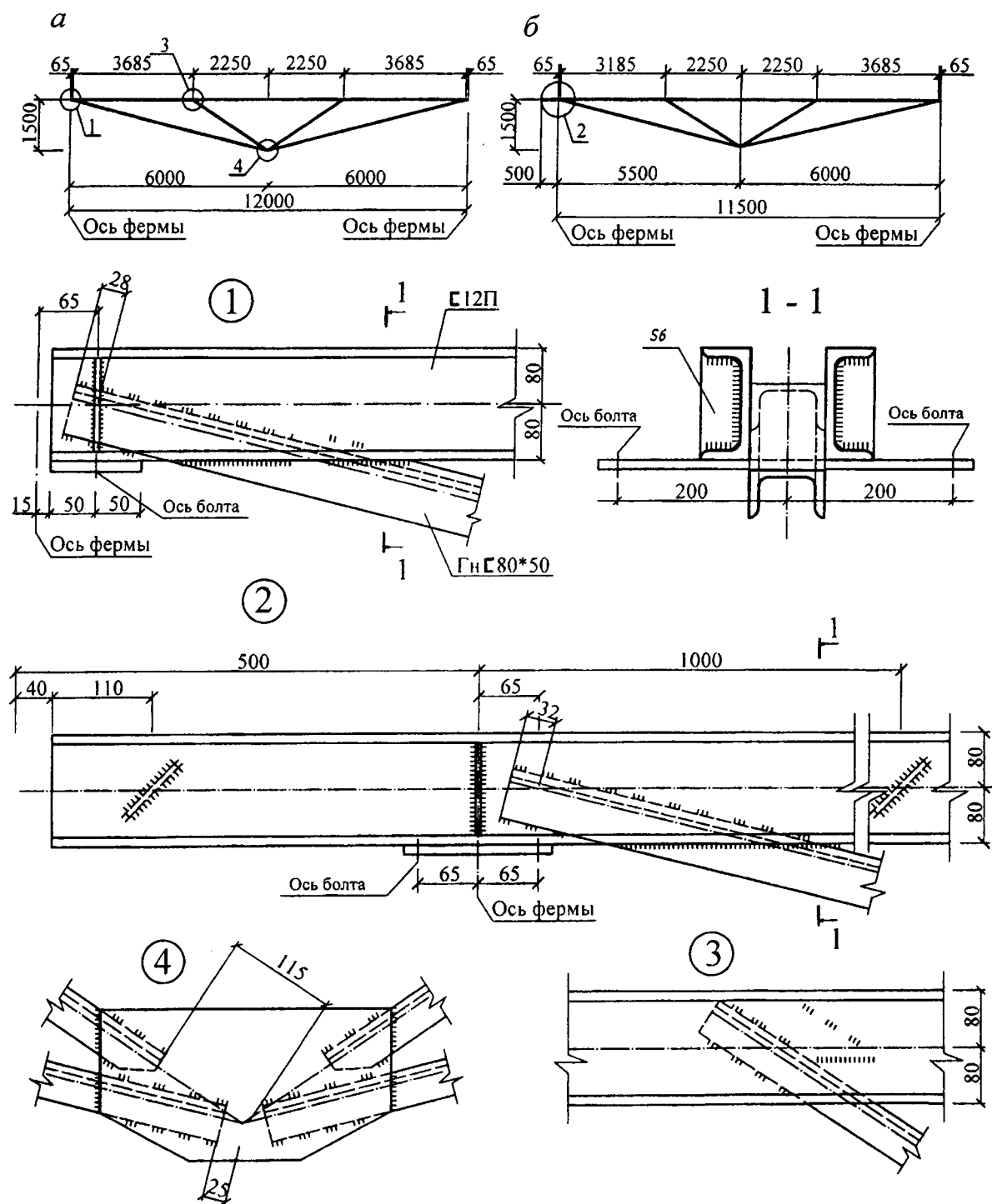


Рис. 4.19. Стальные решетчатые прогоны по серии 1.462.3-17/85:  
а – схема рядового прогона; б – схема торцевого прогона

Верхний пояс таких прогонов выполняют из двух гнутых швеллеров высотой 12–200 мм, а элементы решетки из одиночного гнутого швеллера высотой 80–200 мм. Раскосы прикрепляются к верхнему поясу с помощью электродуговой или контактной сварки. Крепление к несущим конструкциям покрытия выполняется на болтах.

#### 4.3. Устройство кровли по железобетонным несуще-ограждающим конструкциям покрытий

В зданиях с плоскостными железобетонными несущими конструкциями покрытия в качестве несуще-ограждающих конструкций чаще всего используют **сборные железобетонные ребристые плиты** размерами 3×6 м и 3×12 м. Доборные плиты шириной 1,5 м имеют повышенную несущую способность и применяются на участках покрытия с повышенной нагрузкой (в местах образования снеговых мешков и др.).

Ребристые плиты по сериям 1.465.1-21.94, 1.465.1-20, 1.465.1-16, 1.465.1-15 (рис. 4.20–4.22) имеют продольные ребра высотой 300 мм при длине плит 6 м и 450 мм при длине 12 м. Расстояние между поперечными ребрами высотой 120 мм зависит от несущей способности и ширины плиты.

Для пропуска вентиляционных шахт, установки зенитных фонарей и в других случаях в плитах устраивают отверстия круглой или прямоугольной формы. На участке размещения отверстия толщина полки увеличивается до 100 мм. В зданиях со взрывоопасными производствами применяют специальные плиты с отверстиями для легкообрасываемой кровли.

Плиты применяют как в зданиях с железобетонными конструкциями покрытий, так и в зданиях со стальными конструкциями (например, по фермам из парных уголков или из широкополочных двутавров). Опирающие плиты следует выполнять в узлы стропильных ферм.

Для обеспечения необходимой жесткости диска покрытия плиты приваривают к стропильным конструкциям не менее чем в трех точках, а швы между ними заполняют бетоном на мелких фракциях.

Аналогичную конструкцию имеют ребристые плиты серии 1.065.1-2.94 размером 3×6 и 3×1,5 м, высота которых составляет 250 мм.

По железобетонным плитам возможно устройство как традиционной, так и инверсионной, неэксплуатируемой и эксплуатируемой (рис. 4.23, 4.24) кровли. Характерные узлы устройства кровель приведены на рис. 4.25–4.27.

Рядовая плита

Плита с отверстием 2600x2700 мм

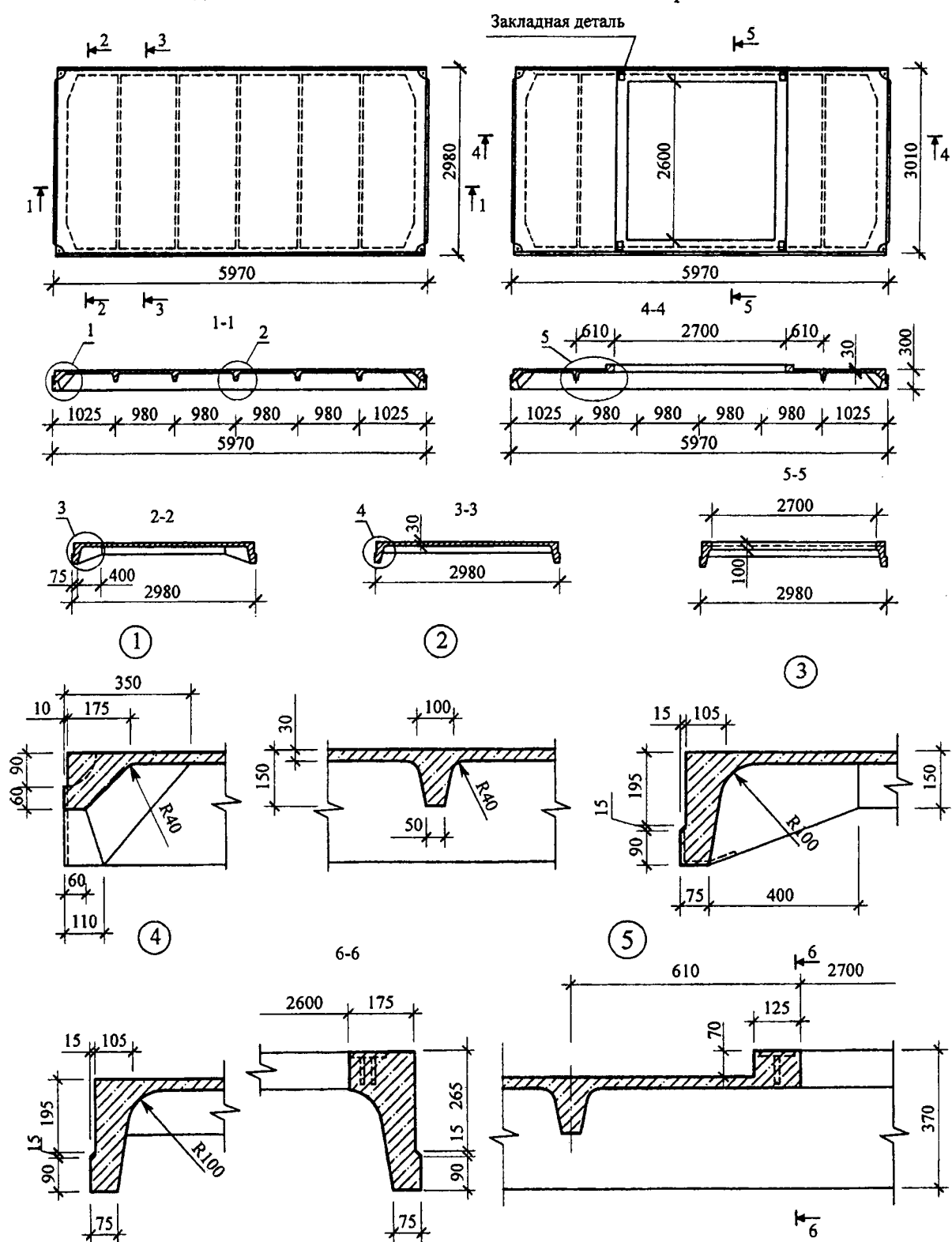
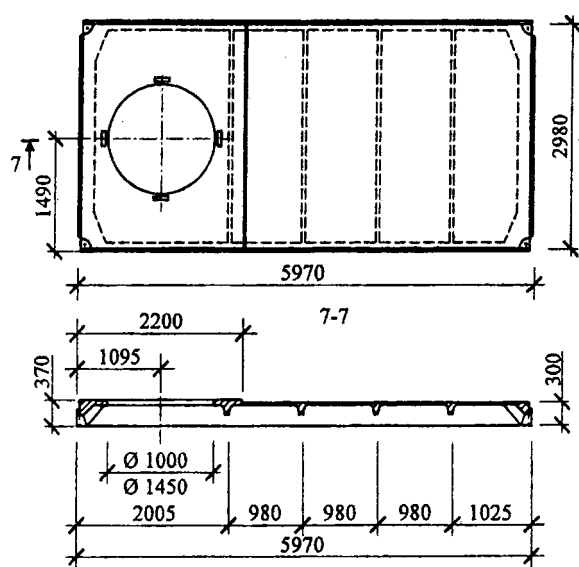
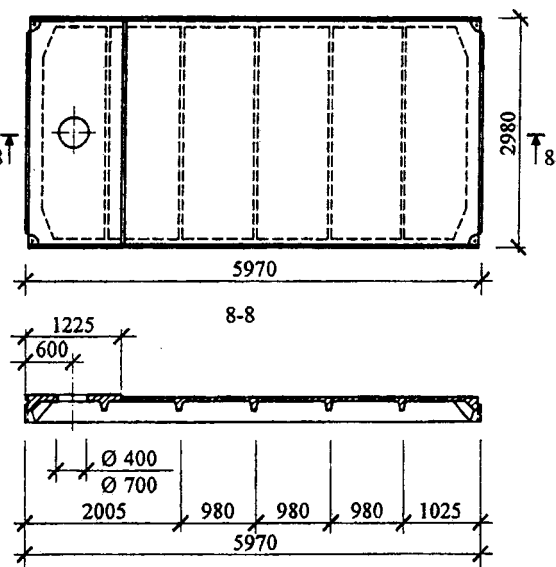


Рис. 4.20. Железобетонные ребристые плиты покрытий пролетом 6 м

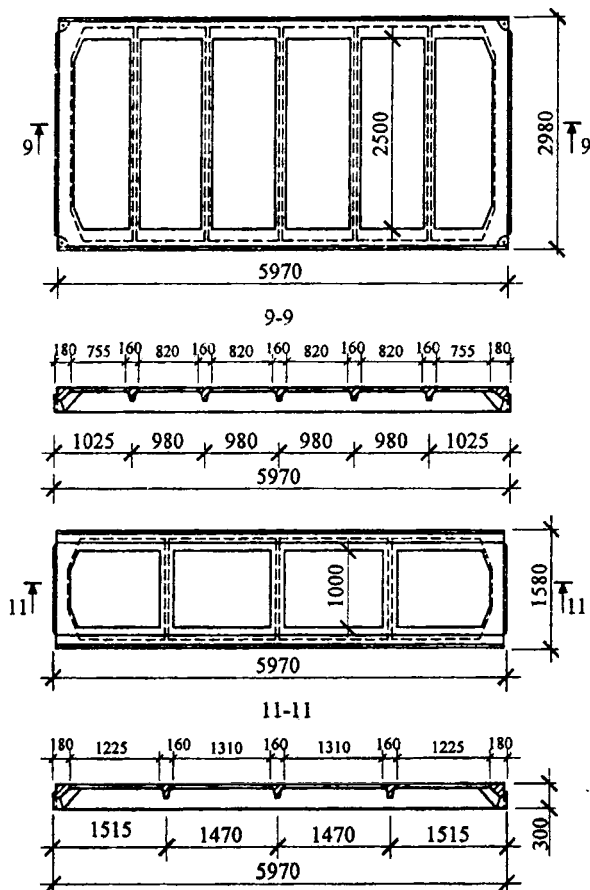
Плита с отверстием  
диаметром 1000 или 1450 мм



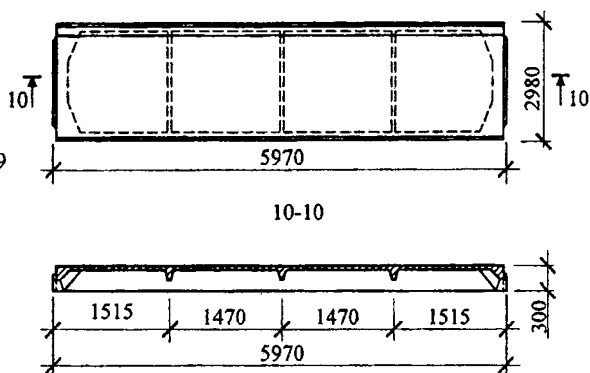
Плита с отверстием  
диаметром 400 или 700 мм



Плиты для устройства  
легкосбрасываемой кровли



Плита размером 6х1,5 м



Плиты с отверстиями 1200х1700 мм

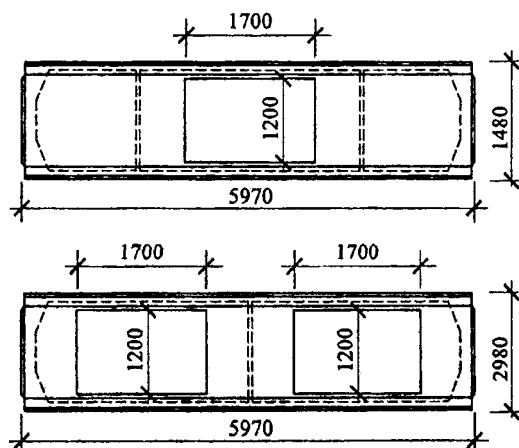


Рис. 4.21. Железобетонные ребристые плиты покрытий пролетом 6 м



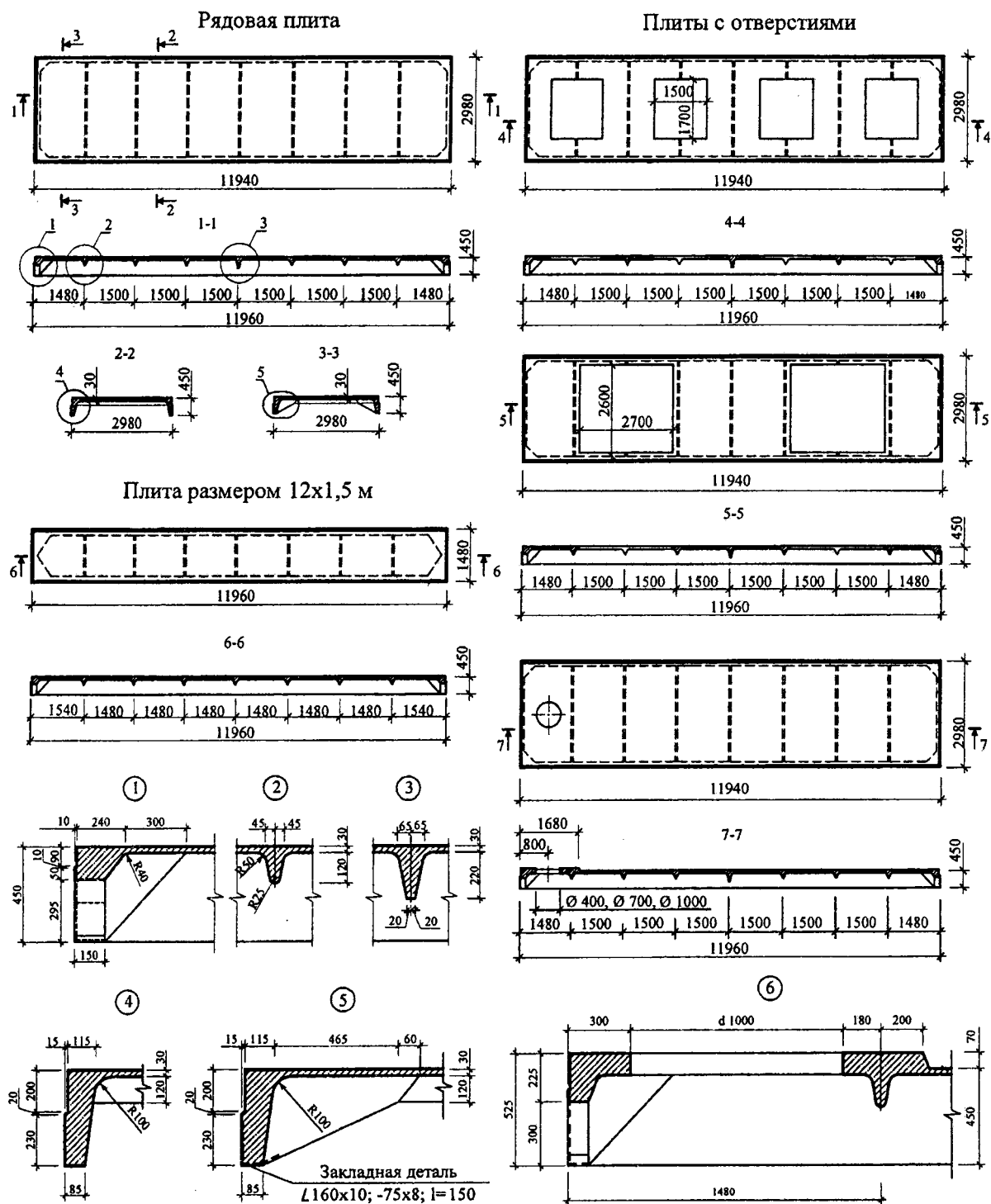


Рис. 4.22. Железобетонные ребристые плиты покрытий пролетом 12 м

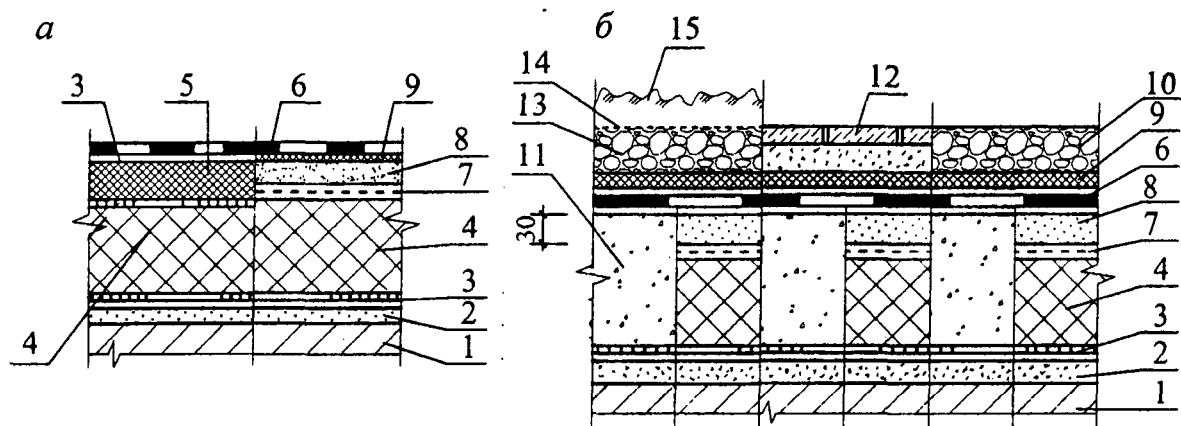


Рис. 4.23. Устройство мембранной кровли в традиционном варианте:  
*а* – с механическим креплением мембраны; *б* – с балластным способом крепления:  
 1 – железобетонная плита; 2 – выравнивающая стяжка толщиной не более 15 мм;  
 3 – грунтовка (пароизоляция); 4 – минераловатные плиты с прочностью на сжатие  
 не менее 0,045 МПа; 5 – то же с прочностью 0,06 МПа; 6 – основной кровельный ковер  
 из мембраны; 7 – прокладочный слой; 8 – цементно-песчаная стяжка; 9 – слой текстиля;  
 10 – пригрузочный слой из гравия; 11 – монолитная теплоизоляция; 12 – бетонные  
 плитки на растворе; 13 – дренажный слой; 14 – геотекстиль; 15 – почвенный слой

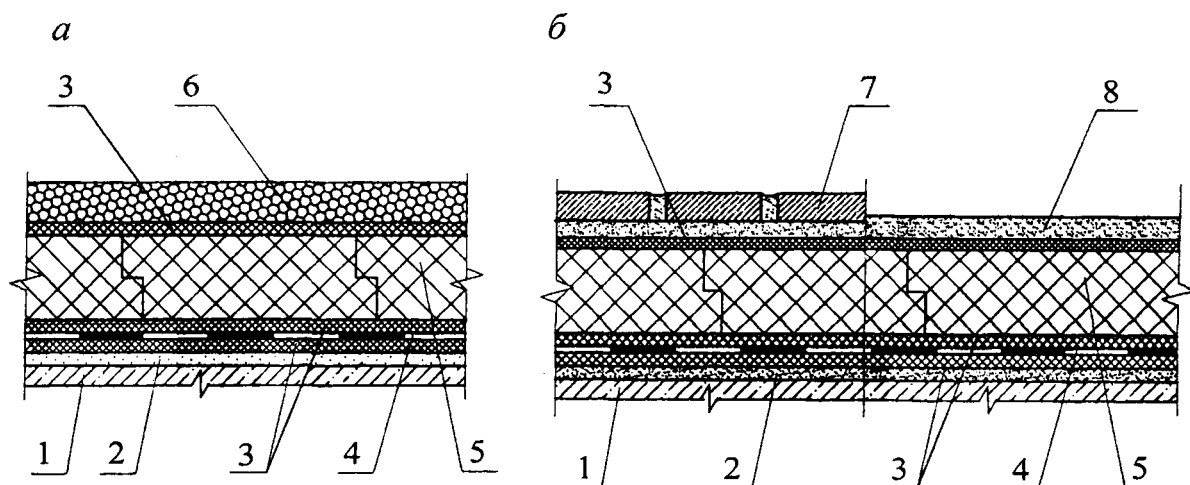


Рис. 4.24. Варианты устройства инверсионной кровли:  
*а* – неэксплуатируемая с пригрузом из гравия; *б* – эксплуатируемая:  
 1 – железобетонная плита покрытия; 2 – уклонообразующая цементно-песчаная стяжка;  
 3 – геотекстиль; 4 – полимерная или битумно-полимерная рулонная гидроизоляция;  
 5 – утеплитель из экструзионного пенополистирола; 6 – пригрузочный слой из гравия;  
 7 – бетонные (тротуарные) плитки на цементно-песчаном растворе;  
 8 – цементно-песчаный раствор

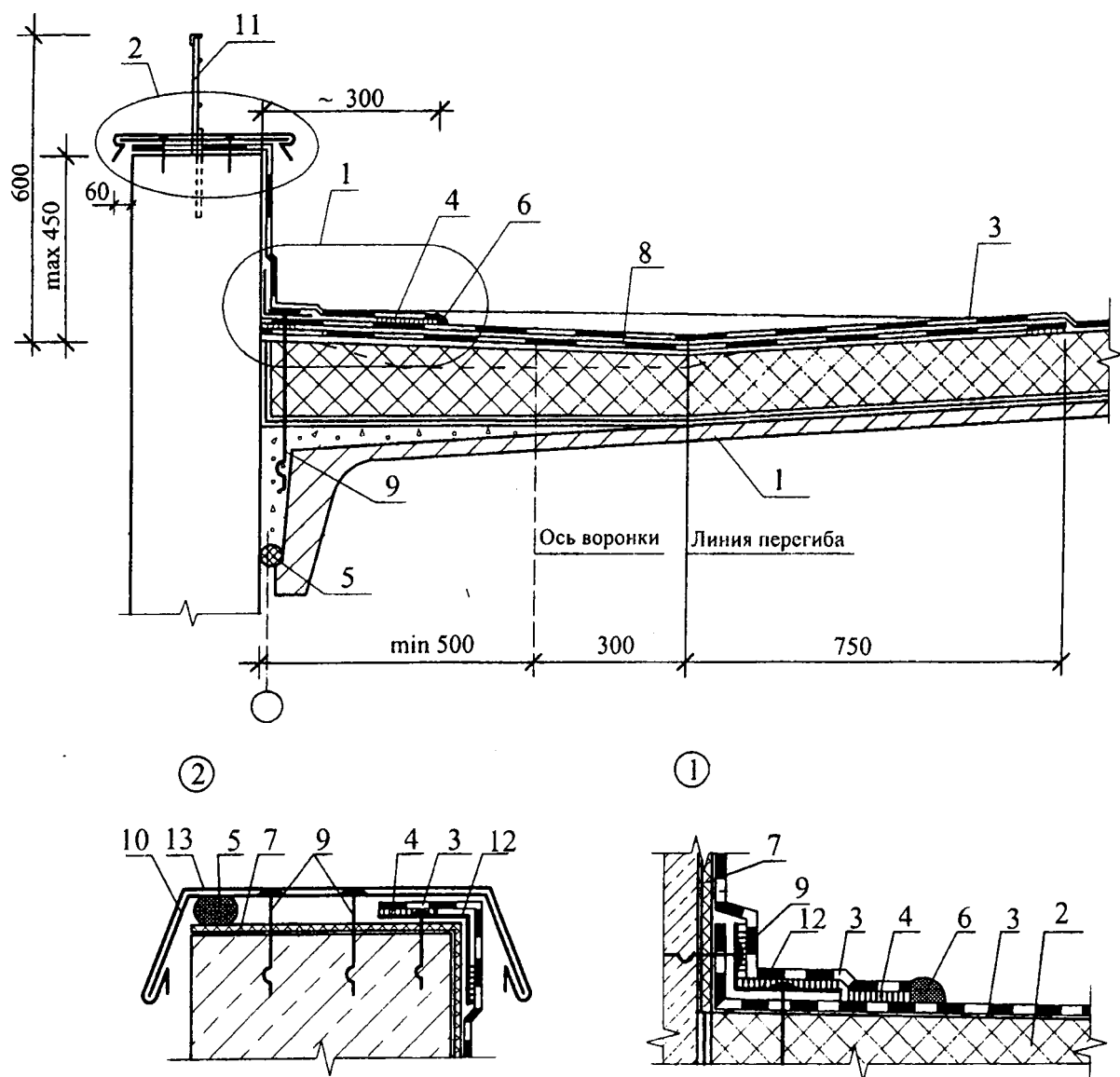


Рис. 4.25. Узел примыкания мембранной кровли к парапету высотой не более 450 мм:

- 1 – железобетонная плита;  
 2 – минераловатные плиты с прочностью на сжатие 0,06 МПа;  
 3 – основной кровельный ковер из мембраны; 4 – сварной шов; 5 – уплотнитель;  
 6 – полиуретановый герметик; 7 – слой текстиля; 8 – усиление ендовы;  
 9 – крепежный элемент; 10 – костыль из полосы 40×4 мм;  
 11 – ограждение кровли; 12 – профиль из металлопласта;  
 13 – оцинкованная кровельная сталь или металлопласт

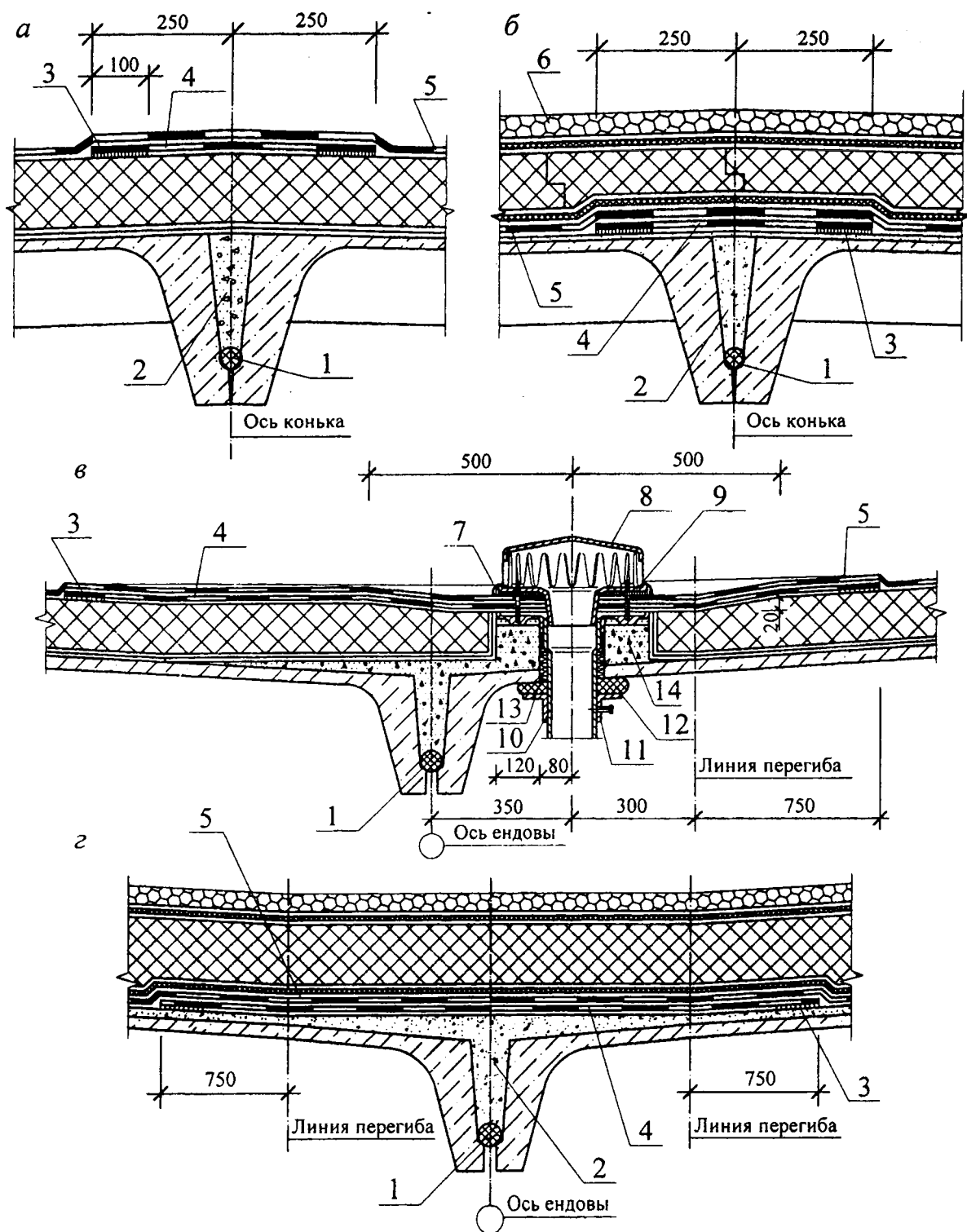


Рис. 4.26. Устройство мембранной кровли по покрытию из железобетонных плит:

*а* – в коньке при механическом креплении мембраны; *б* – в коньке при балластной инверсионной кровле; *в* – в ендове при механическом креплении мембраны; *г* – в ендове при балластной инверсионной кровле:

1 – уплотнитель; 2 – легкий бетон; 3 – краевая приклейка; 4 – дополнительный слой гидроизоляции; 5 – основной слой гидроизоляции; 6 – пригрузочный слой гравия; 7 – краевой герметик; 8 – колпак водоприемной воронки; 9 – прижимной фланец; 10 – патрубок с фланцем; 11 – стальной хомут; 12 – резиновый уплотнитель; 13 – минеральная вата; 14 – опора из легкого бетона

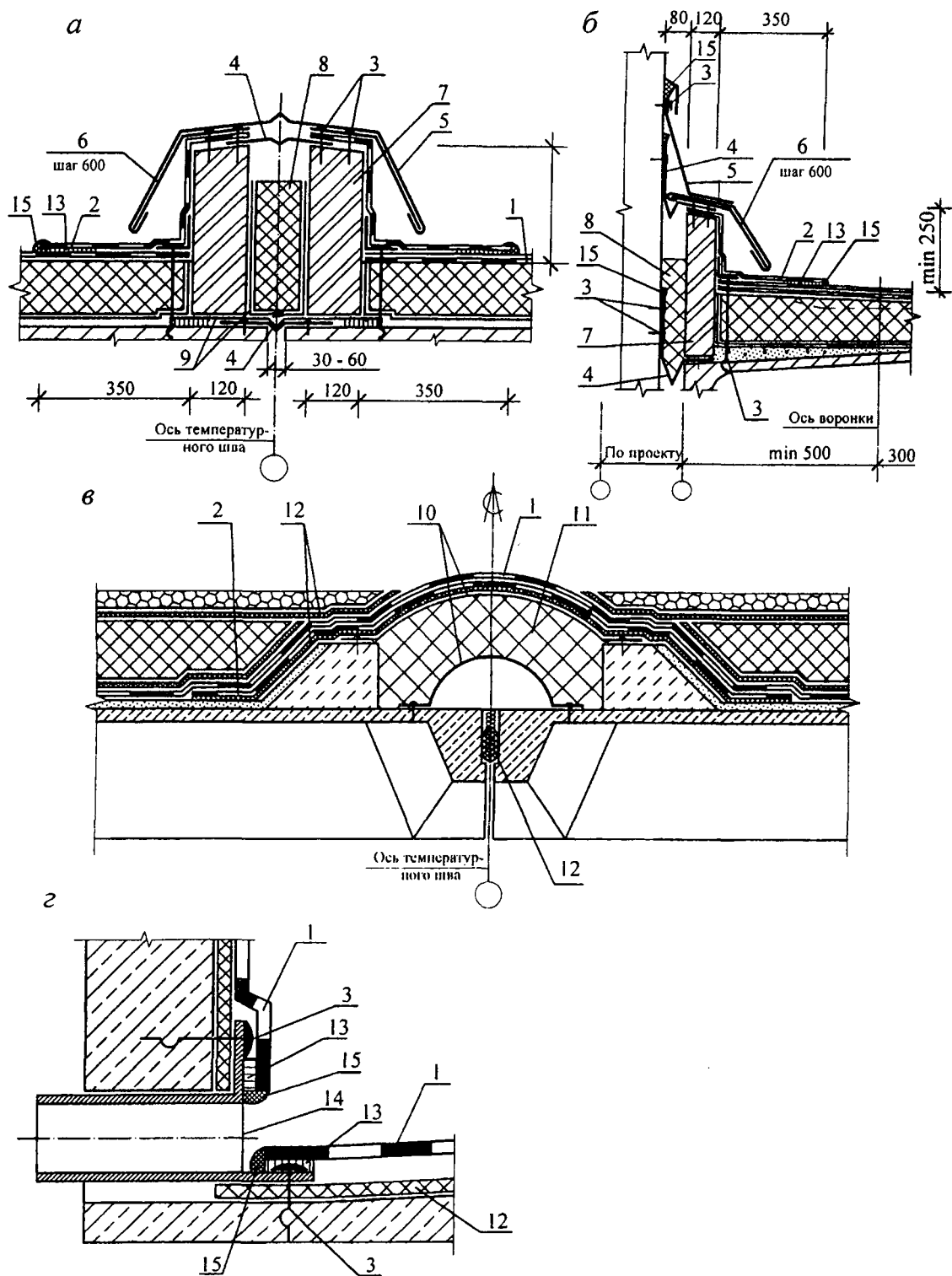


Рис. 4.27. Устройство мембранной кровли по покрытию из железобетонных плит:

*а* – температурно-деформационный шов (механическое крепление мембраны);

*б* – температурно-деформационный шов в местах перепада по высоте;

*в* – поперечный температурный шов (инверсионная кровля);

*г* – примыкание к парапету с переливной трубой водостока;

1 – основной слой гидроизоляции; 2 – усиление кровельного ковра; 3 – крепежный элемент;

4 – компенсатор из оцинкованной стали; 5 – фартук; 6 – костыль из полосы 40×4 мм;

7 – стенка из кирпича или легкого бетона; 8 – минеральная вата в полиэтиленовой пленке;

9 – дополнительная пароизоляция; 10 – стальной компенсатор; 11 – минеральная вата;

12 – слой текстиля; 13 – краевая приклейка; 14 – фланец из ПВХ; 15 – краевой герметик

#### 4.4. Деревянные несуще-ограждающие конструкции покрытий

В качестве ограждающих элементов покрытия в зданиях с деревянными плоскостными несущими конструкциями могут применяться те же конструкции, что и в зданиях с легким металлическим каркасом (легкие кровельные панели с обшивками из стального или алюминиевого профилированного настила, светопрозрачные панели на основе сотового поликарбоната и т. п.).

В то же время достаточно широко используются и конструкции ограждения покрытия с использованием дерева или древесных материалов, например **каркасные клефанерные панели** покрытия (рис. 4.28). Основные элементы панели – деревянный каркас и фанерные обшивки.

Для обшивок применяют фанеру повышенной водостойкости марки ФСФ, а для конструкций, не защищенных от увлажнения, – бакелизированную фанеру ФБС. Толщину нижней обшивки принимают не менее 6 мм, а верхней – не менее 8 мм.

В качестве элементов каркаса могут использоваться доски или брусья из цельной древесины, а также прямоугольные элементы или швеллеры из клееной древесины. При использовании цельной древесины длина панели обычно не превышает 6 м. Использование дощатоклееных элементов позволяет получать конструкции покрытия не только большей длины (до 12 м), но и криволинейного очертания.

Ширину панели обычно назначают от 1,5 до 3,0 м. Толщину принимают равной  $1/30$ – $1/40$  от пролета.

Панели могут применяться как в отапливаемых, так и в неотапливаемых зданиях. Во втором случае в качестве утеплителя применяют, как правило, негорючие и биостойкие теплоизоляционные материалы, например пенопласт или стекломаты.

Для склеивания элементов панели между собой применяются влагостойкие клеи.

В процессе изготовления панели на верхнюю обшивку чаще всего наклеивают один дополнительный слой гидроизоляции. В условиях строительной площадки после монтажа панели устраивают основной водоизоляционный ковер.

Панели крепят к несущим конструкциям с помощью металлических профилей, глухарей и винтов. Стыки панелей утепляют (рис. 4.29).

Для каркасных панелей наиболее целесообразно **беспрогонное** решение покрытия, т. к. ребра панели сами выполняют функцию прогонов. В случае использования легких кровельных панелей, рабочий пролет которых меньше шага несущих конструкций покрытия, используют прогонное решение.

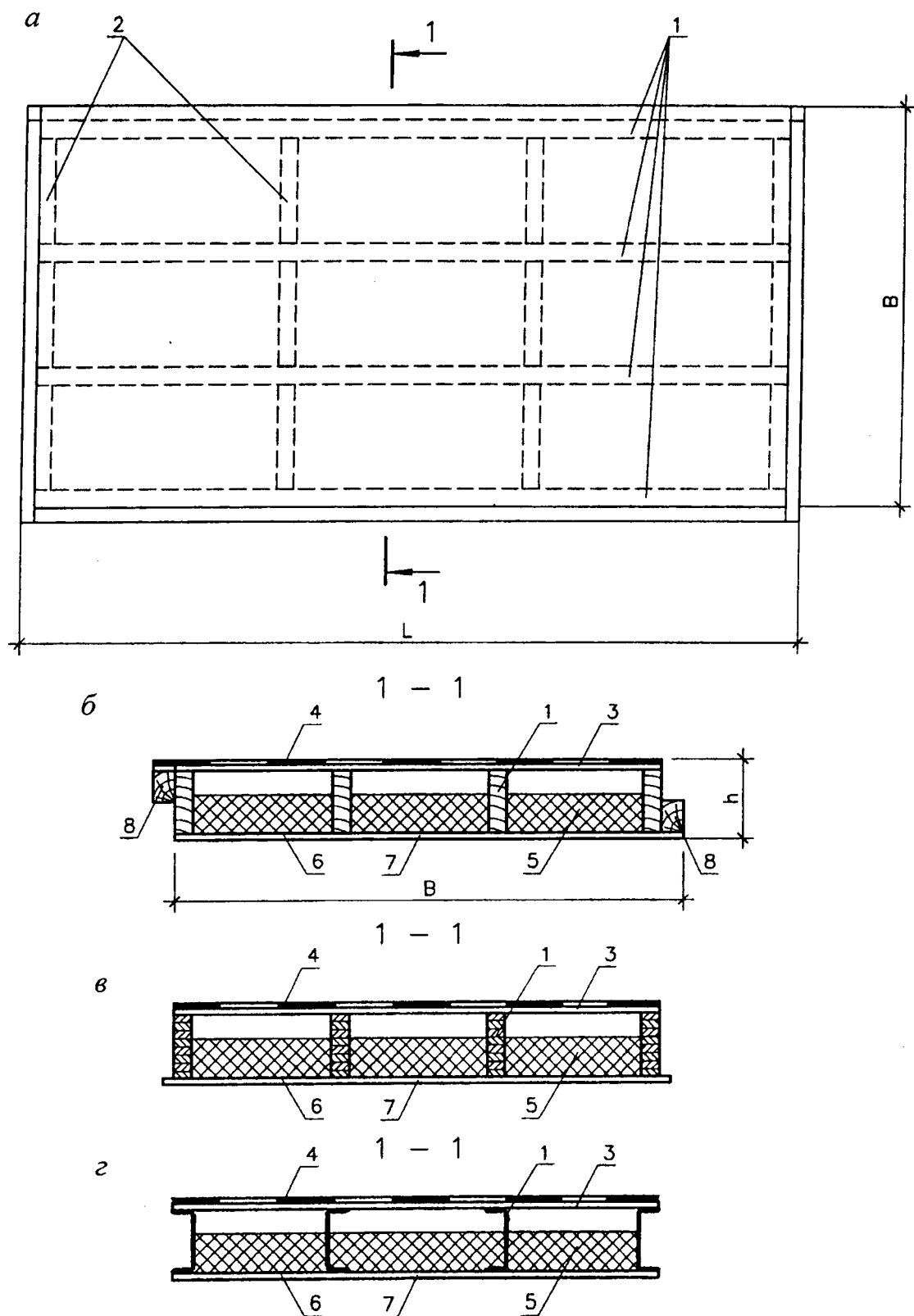


Рис. 4.28. Клеефанерная панель покрытия:

*a* – общий вид панели; *б* – поперечное сечение панели с продольными ребрами из досок;

*в* – то же с дощатоклееными продольными ребрами;

*г* – то же с продольными ребрами из фанерного швеллера:

1 – продольные ребра; 2 – поперечные ребра; 3 – верхняя обшивка;

4 – дополнительный слой водоизоляции; 5 – утеплитель; 6 – пароизоляция;

7 – нижняя обшивка; 8 – брусок-нащельник

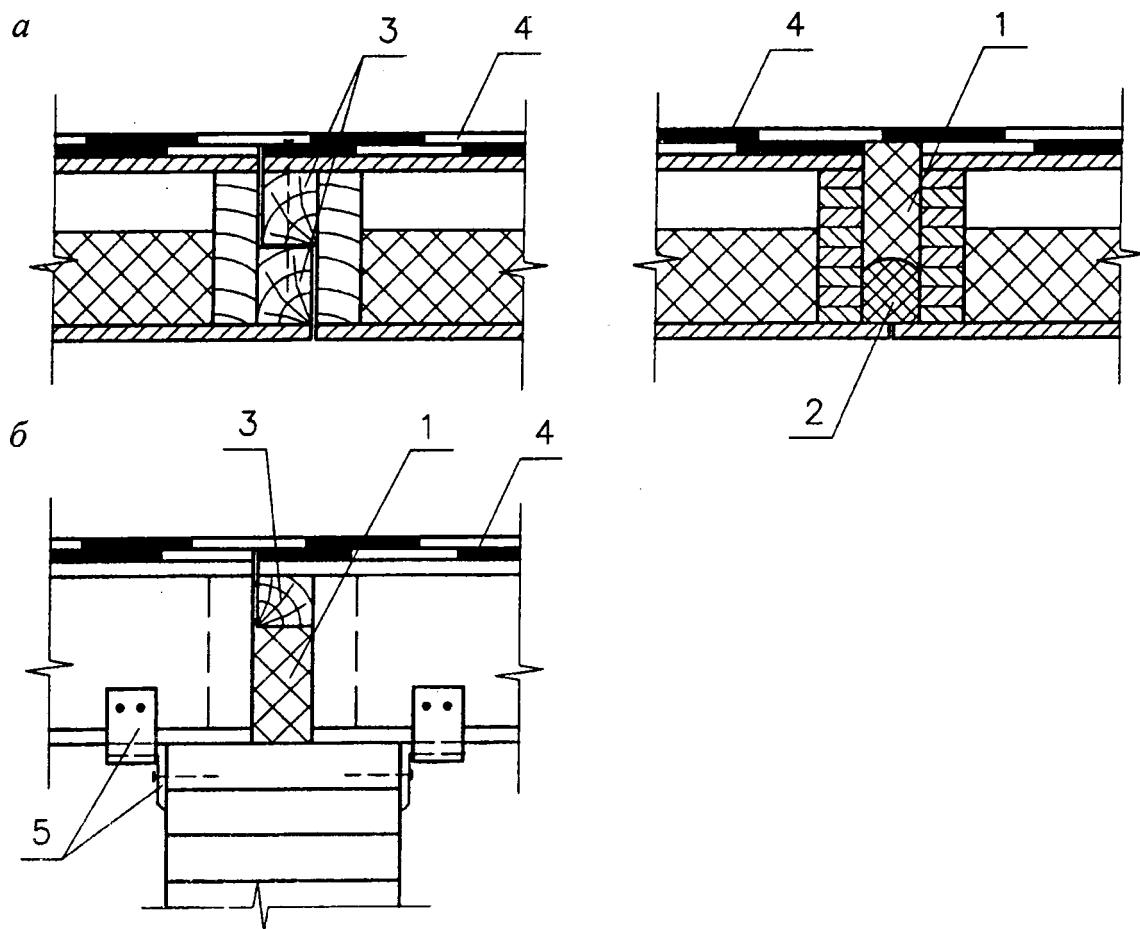


Рис. 4.29. Узлы сопряжения клефанерных панелей:

*а* – вариант крепления панелей к несущей конструкции с помощью стальных уголков;

*б* – варианты устройства продольных стыков панелей:

*1* – утеплитель; *2* – поризоловый жгут; *3* – деревянный брусок;

*4* – основной водоизоляционный ковер; *5* – стальной уголок

В зданиях с деревянными конструкциями покрытия используют **деревянные прогоны** из цельного бруса либо дощатоклееные прогоны прямоугольного сечения. По характеру работы прогоны могут быть разрезными и неразрезными. Узлы сопряжения прогонов с несущей конструкцией покрытия приведены на рис. 4.30.



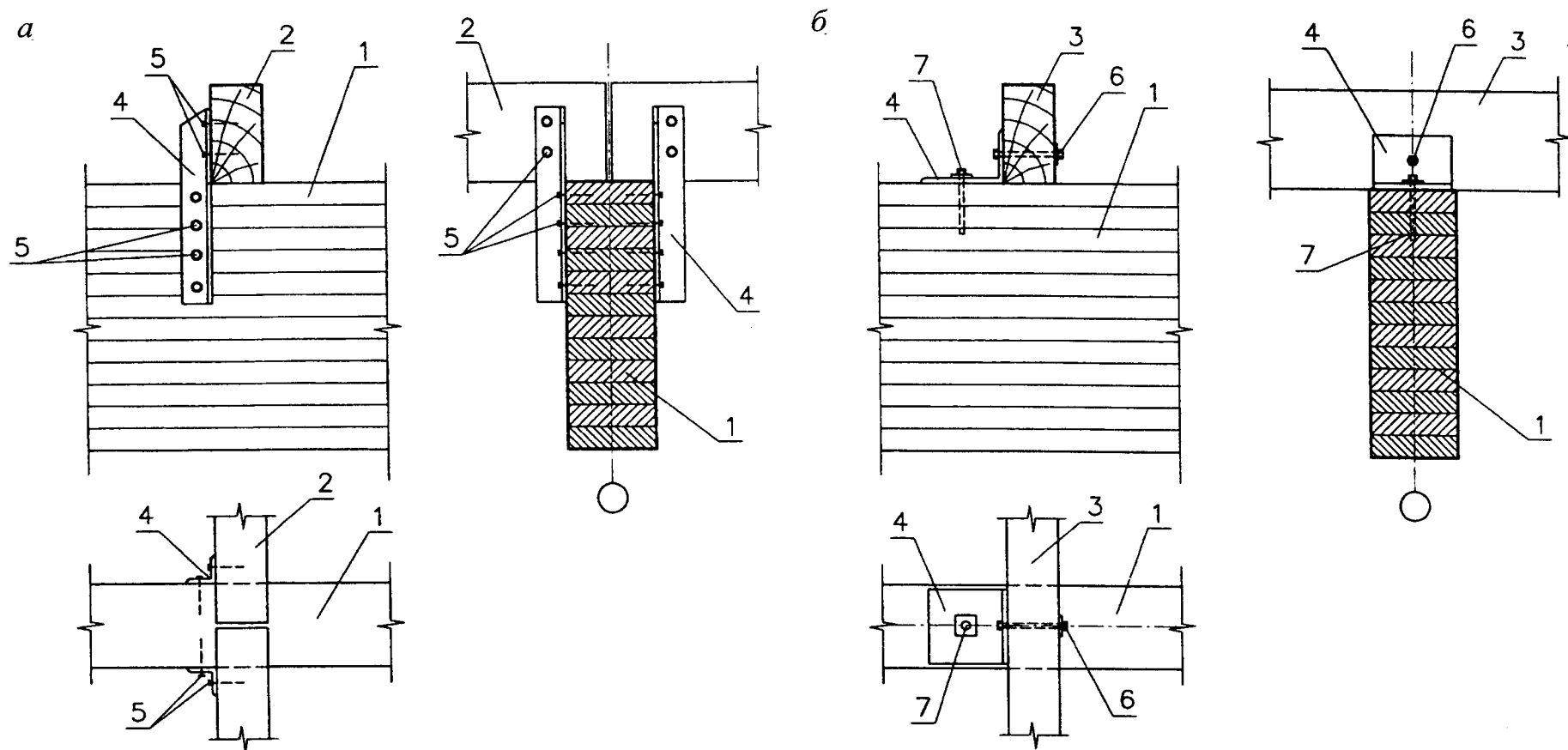


Рис. 4.30. Узлы опирания прогонов на балку покрытия:

*a* – разрезного прогона; *б* – неразрезного прогона:

1 – дощатоклеенная балка; 2 – деревянный разрезной прогон; 3 – деревянный неразрезной прогон;  
 4 – стальной уголок; 5 – гвозди; 6 – сквозной болт; 7 – глухой нагель

## **5. СИСТЕМА СВЯЗЕЙ В ПОКРЫТИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

### **5.1. Общие сведения**

Связи в покрытиях предназначены для обеспечения пространственной жесткости, устойчивости и неизменяемости каркаса здания, для восприятия горизонтальных ветровых нагрузок, действующих на торцы здания и фонари, горизонтальных тормозных усилий от мостовых опорных и подвесных кранов и передачи их на элементы каркаса.

Связи подразделяются на **горизонтальные** (продольные и поперечные) и **вертикальные**. Система связей зависит от высоты здания, величины пролета, шага колонн, наличия мостовых кранов и их грузоподъемности. Кроме того, конструкция всех видов связей, необходимость их установки, местоположение в покрытии определяется расчетом в каждом конкретном случае и зависит от вида несущих конструкций покрытия.

В данном разделе рассмотрены примеры устройства системы связей в покрытиях с плоскостными несущими конструкциями из металла, железобетона и дерева.

### **5.2. Связи в покрытиях с металлическими плоскостными несущими конструкциями**

Система связей в покрытиях зданий с металлическими **фермами** зависит от типа ферм, шага стропильных конструкций, условий района строительства и других факторов. Она состоит из горизонтальных связей в плоскости верхних и нижних поясов стропильных ферм и вертикальных связей между фермами.

**Горизонтальные связи по верхним поясам** стропильных ферм чаще всего предусматривают только при наличии фонарей и располагают в подфонарном пространстве.

**Горизонтальные связи в плоскости нижних поясов** стропильных ферм предусмотрены двух типов. Связи **первого типа** состоят из поперечных и продольных связевых ферм, распорок и растяжек. Связи **второго типа** состоят только из поперечных связевых ферм, распорок и растяжек.

**Поперечные связевые фермы** располагают в торцах температурного отсека здания. При длине температурного отсека более 96 м устанавливают промежуточные поперечные связевые фермы через каждые 42–60 м.

**Продольные горизонтальные связевые фермы** по нижним поясам стропильных ферм для связей первого типа располагают в одно-, двух- и трехпролетных зданиях вдоль крайних рядов колонн. В зданиях с количеством пролетов более трех продольные связевые фермы располагают также и вдоль средних рядов колонн с таким расчетом, чтобы расстояние между смежными связевыми фермами не превышало двух-трех пролетов.

Связи **первого типа** являются обязательными в зданиях:

- а) с мостовыми опорными кранами, требующими устройства галерей для прохода вдоль крановых путей;
- б) с подстропильными фермами;
- в) с расчетной сейсмичностью 7–9 баллов;
- г) с отметкой низа стропильных конструкций более 24 м (для однопролетных зданий – более 18 м);
- д) с кровлей по железобетонным плитам, оборудованных мостовыми опорными кранами общего назначения грузоподъемностью более 50 т при шаге ферм 6 м и грузоподъемностью более 20 т при шаге ферм 12 м;
- е) с кровлей по стальному профилированному настилу – в одно- и двухпролетных зданиях, оборудованных мостовыми опорными кранами грузоподъемностью более 16 т, и в зданиях с количеством пролетов более двух с мостовыми опорными кранами грузоподъемностью более 20 т.

В остальных случаях должны применяться связи **второго типа**, при этом при шаге стропильных ферм 12 м и наличии стоек продольного фак-верка вдоль колонн крайних рядов следует предусматривать продольные связевые фермы.

**Вертикальные связи** располагают в местах размещения поперечных связевых ферм по нижним поясам стропильных ферм на расстоянии 6 (12) м друг от друга.

Монтажные крепления связей к конструкциям покрытия принимаются на болтах или на сварке в зависимости от величины силовых воздействий. Элементы связей разработаны из горячекатаных и гнутосварных профилей.

На рис. 5.1–5.10 приведены схемы расположения связей в покрытии с фермами из парных уголков. Связи в покрытиях с применением широкополочных тавров, широкополочных двутавров и круглых труб решаются аналогично. Конструктивное решение вертикальных связей пролетом 6 и 12 м приведены на рис. 5.11, 5.12.

Связи в покрытии с фермами из замкнутых гнутосварных профилей типа «Молодечно» приведены на рисунках 5.13–5.16.

За основу неизменяемости покрытия в горизонтальной плоскости принят сплошной диск, образованный профилированным настилом, закрепленным по верхним поясам ферм. Настил развязывает верхние пояса ферм из плоскости по всей длине и воспринимает все горизонтальные силы, передающиеся на покрытие.

Нижние пояса ферм развязаны из плоскости вертикальными связями и распорками, которые передают все усилия с нижнего пояса ферм на верхний диск покрытия. Вертикальные связи устанавливаются через 42–60 м по длине температурного отсека.

В зданиях с конструкциями покрытия типа «Молодечно» с уклоном верхнего пояса 10 % расположение вертикальных связей и распорок аналогично приведенному на рис. 5.14–5.16. Вертикальная связь в этом случае выполняется V-образной пролетом 6 м (см. рис. 5.11).

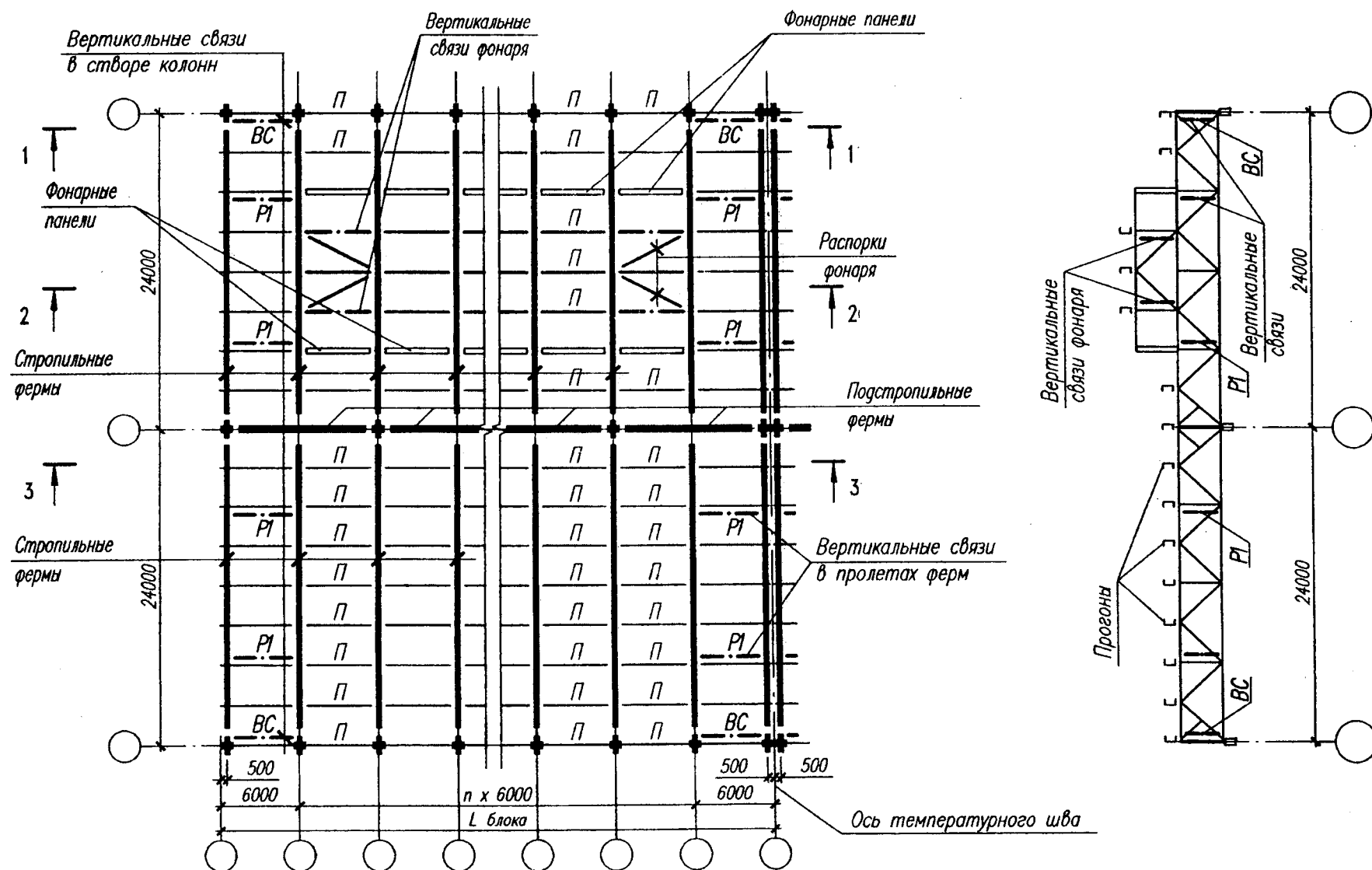


Рис. 5.1. Схема расположения прогонов и связей по верхним поясам стропильных ферм (шаг ферм 6 м): шаг колонн 6 м по крайним и 12 м по средним рядам, прогоны из горячекатаных швеллеров, покрытие из профилированного настила

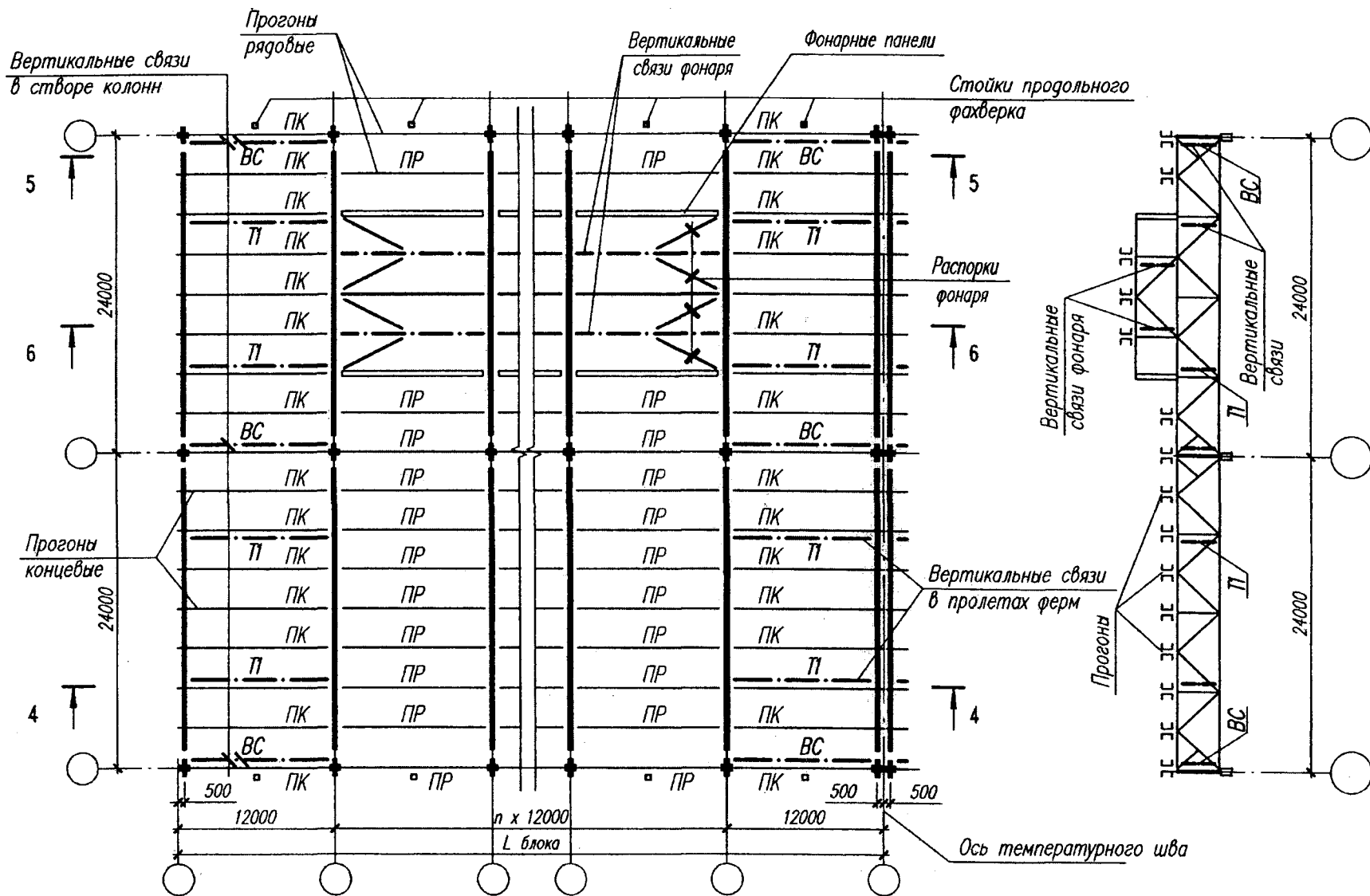


Рис. 5.2. Схема расположения прогонов и связей по верхним поясам ферм (шаг ферм 12 м): шаг колонн 12 м по крайним и средним рядам, прогоны решетчатые по серии 1.462.3-17/85, покрытие из профилированного настила

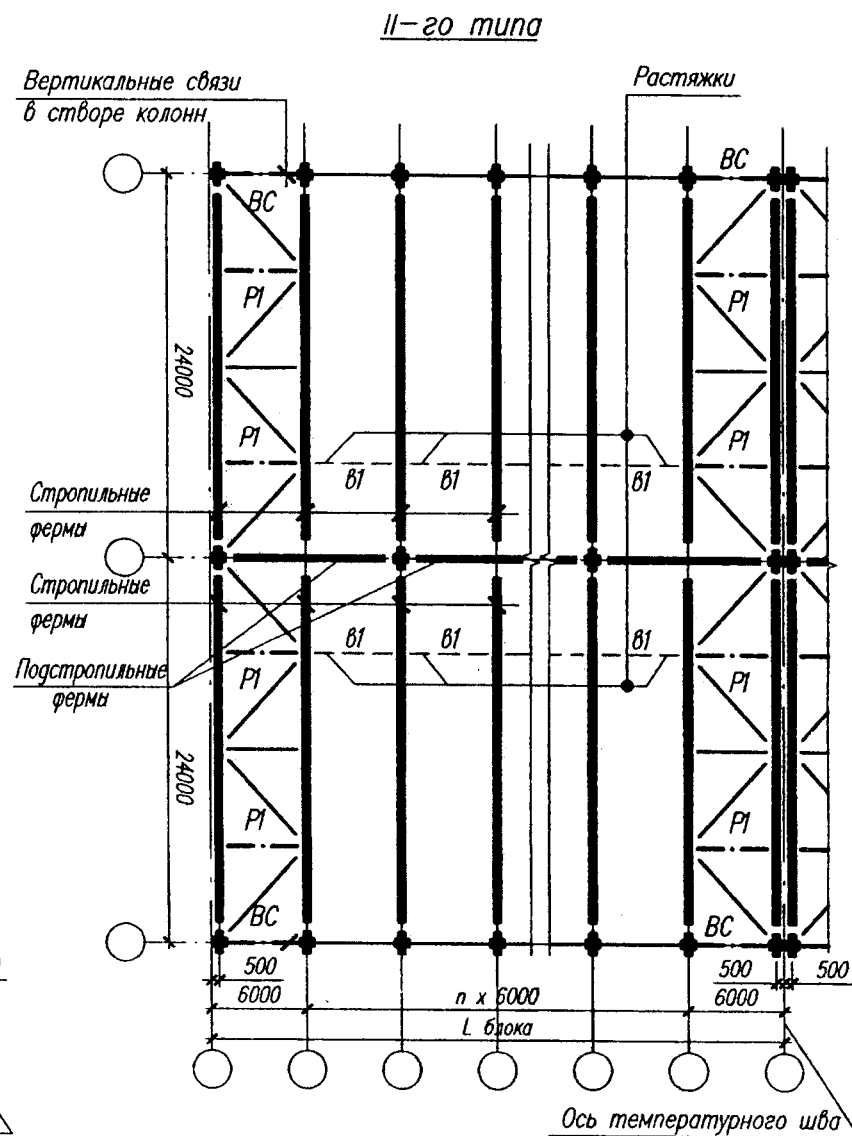
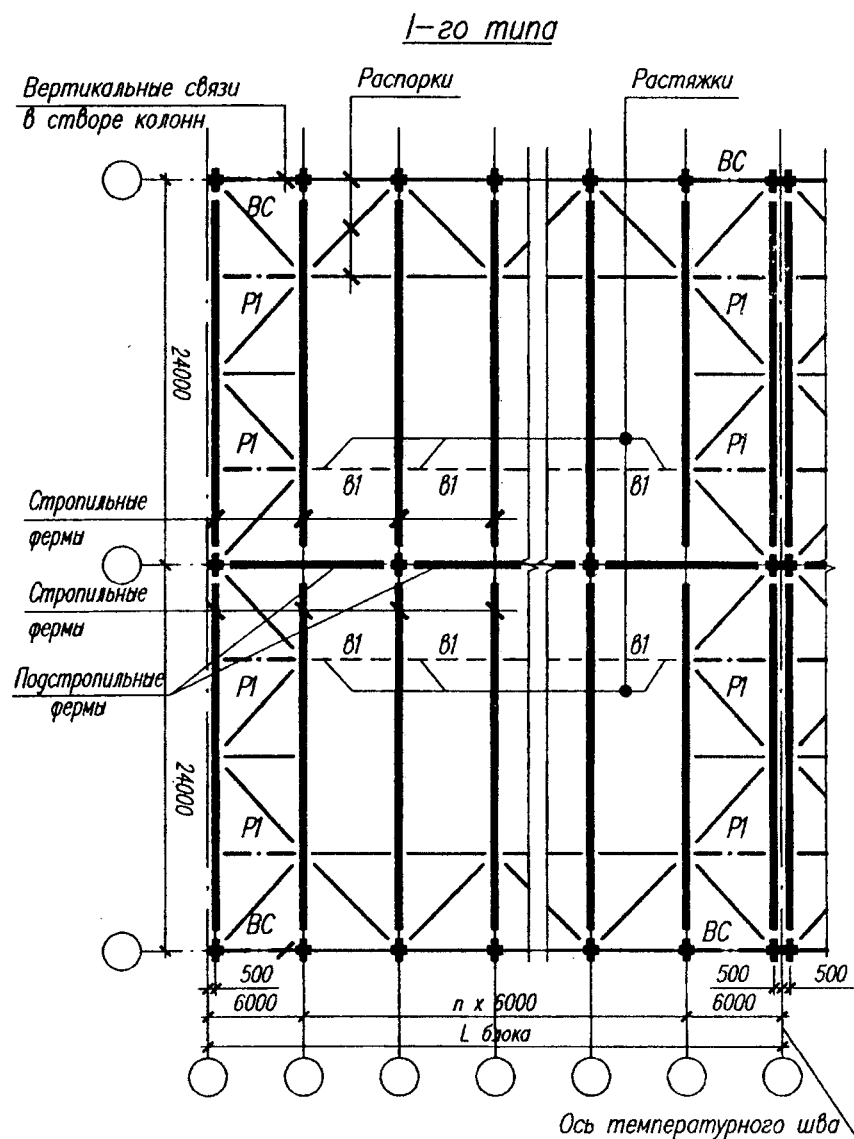


Рис. 5.3. Схема расположения связей по нижним поясам стропильных ферм (шаг ферм 6 м)

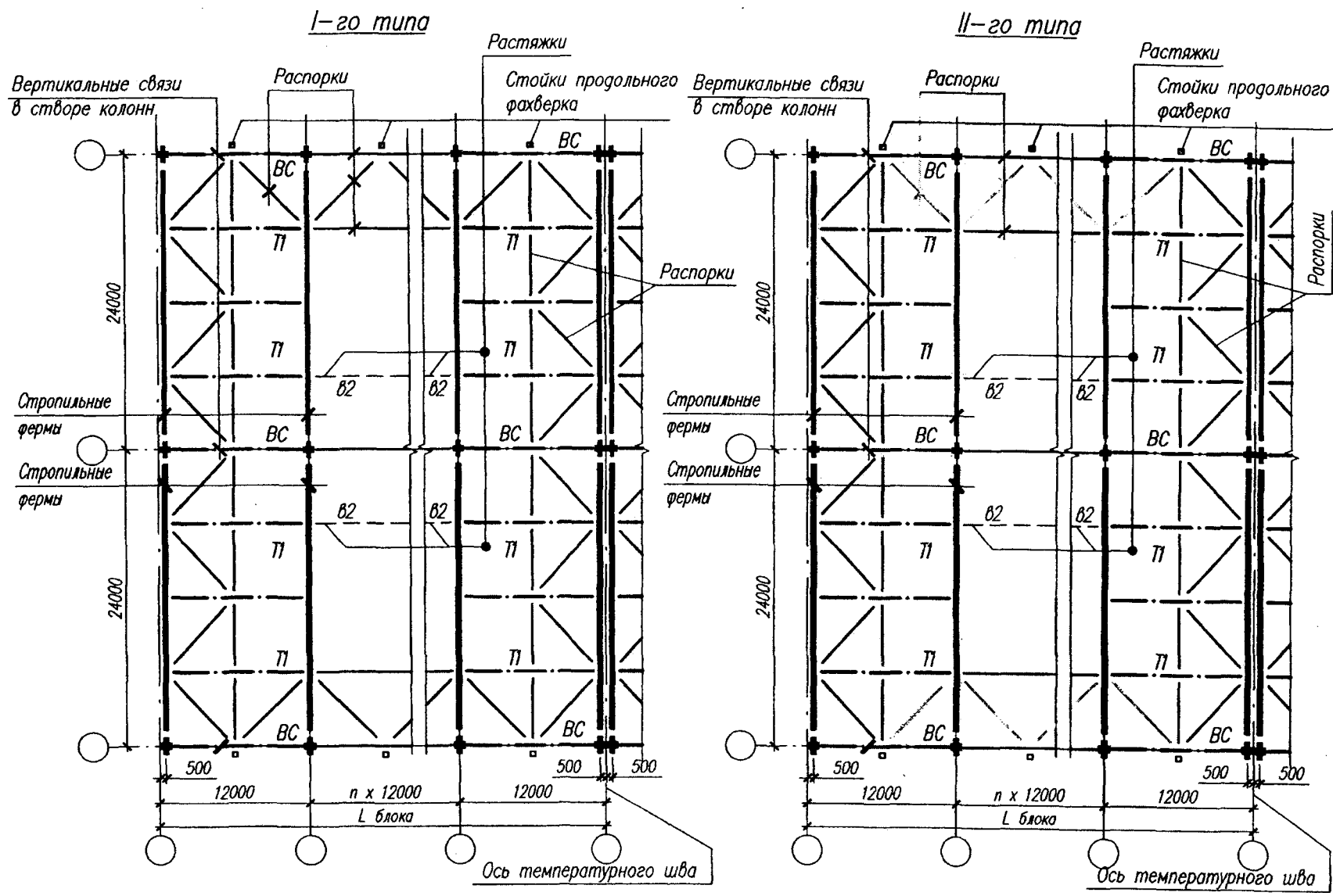


Рис. 5.4. Схема расположения связей по нижним поясам стропильных ферм (шаг ферм 12 м)

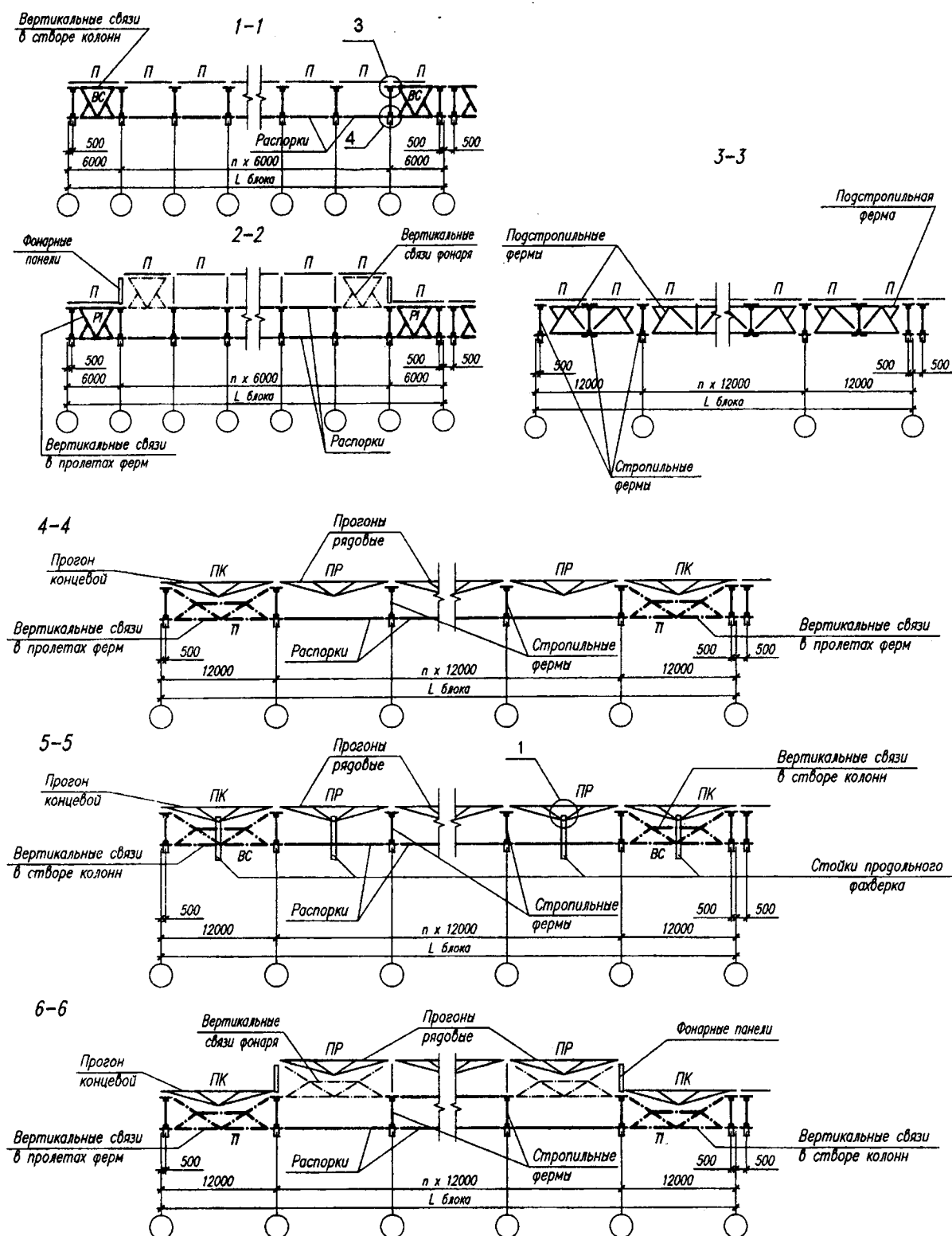


Рис. 5.5. Схемы расположения вертикальных связей в покрытиях с применением профилированного настила (разрезы обозначены на рис. 5.1, 5.2)



Рис. 5.6. Схема расположения связей по верхним поясам стропильных ферм (шаг ферм 6 м): шаг колонн 6 м по крайним и 12 м по средним рядам, покрытие из сборных ж/б плит

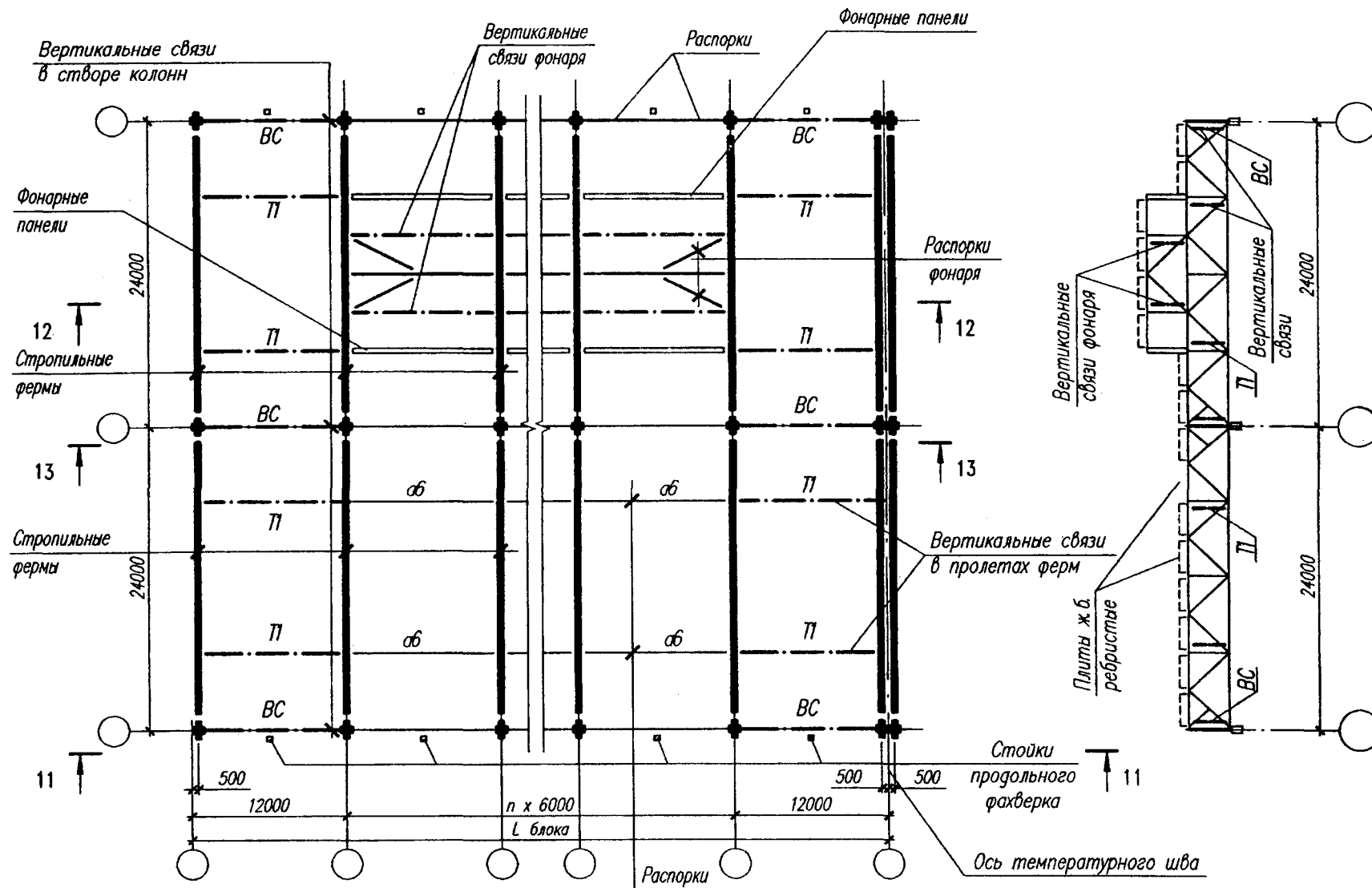


Рис. 5.7. Схема расположения связей по верхним поясам стропильных ферм (шаг ферм 12 м): шаг колонн 12 м по крайним и средним рядам, покрытие из сборных ж/б плит

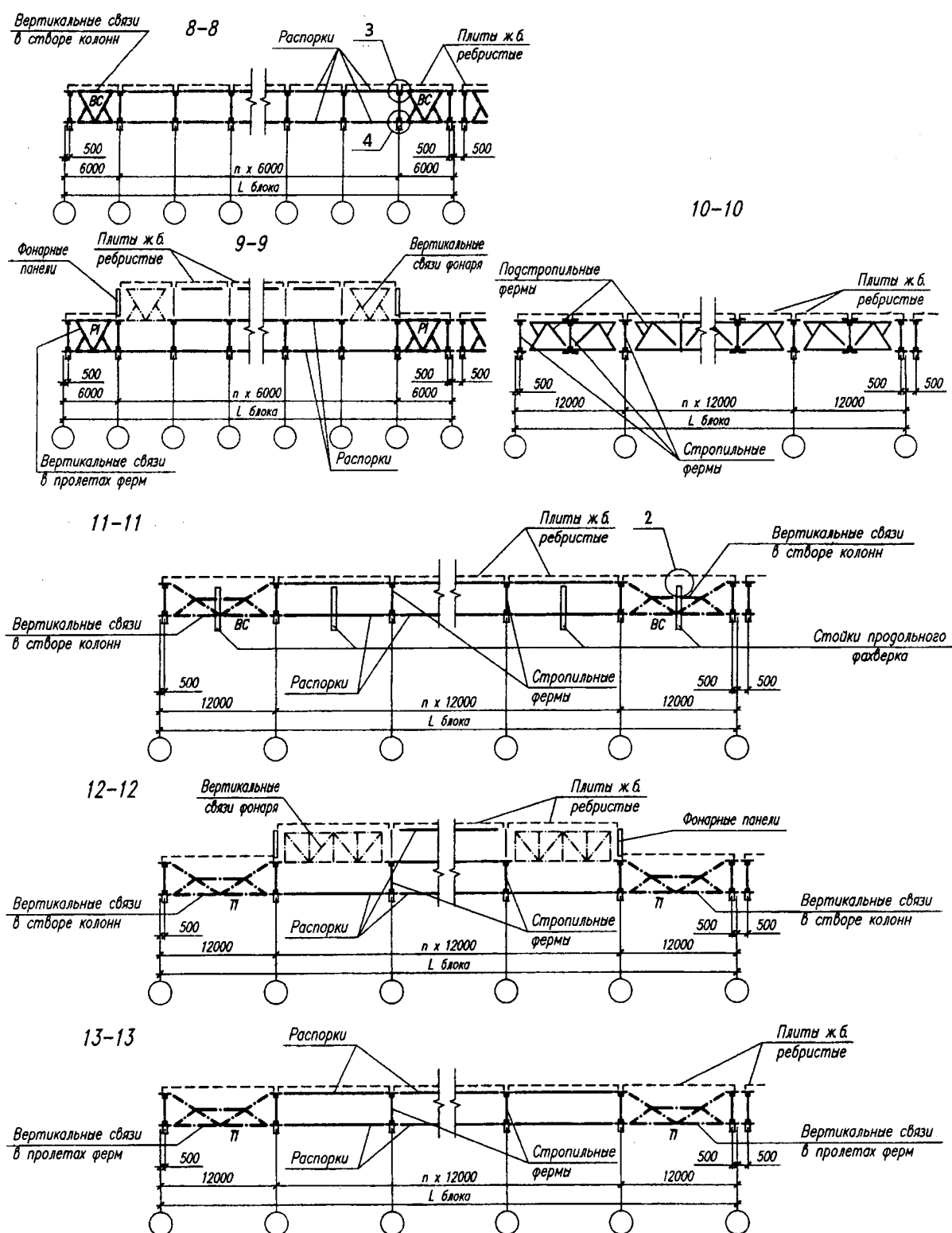


Рис. 5.8. Схема расположения вертикальных связей в покрытиях с применением железобетонных плит (разрезы обозначены на рис. 5.6, 5.7)

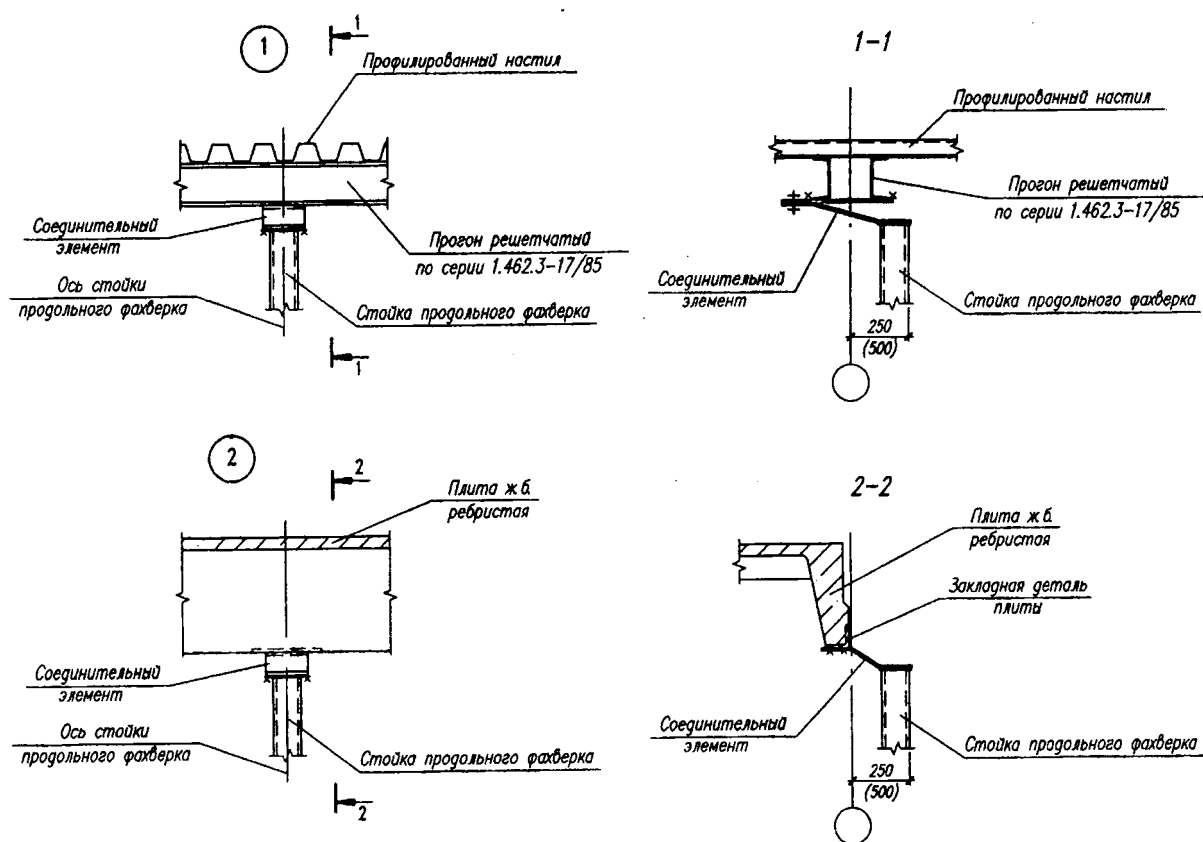


Рис. 5.9. Узлы сопряжения стойки торцевого фахверка с элементами покрытия

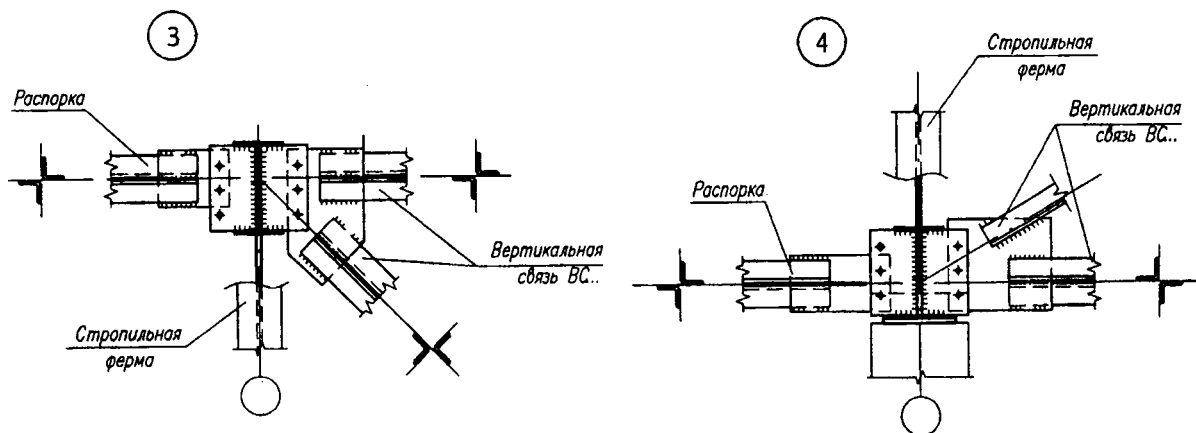


Рис. 5.10. Узлы крепления вертикальных связей к поясам стропильных ферм

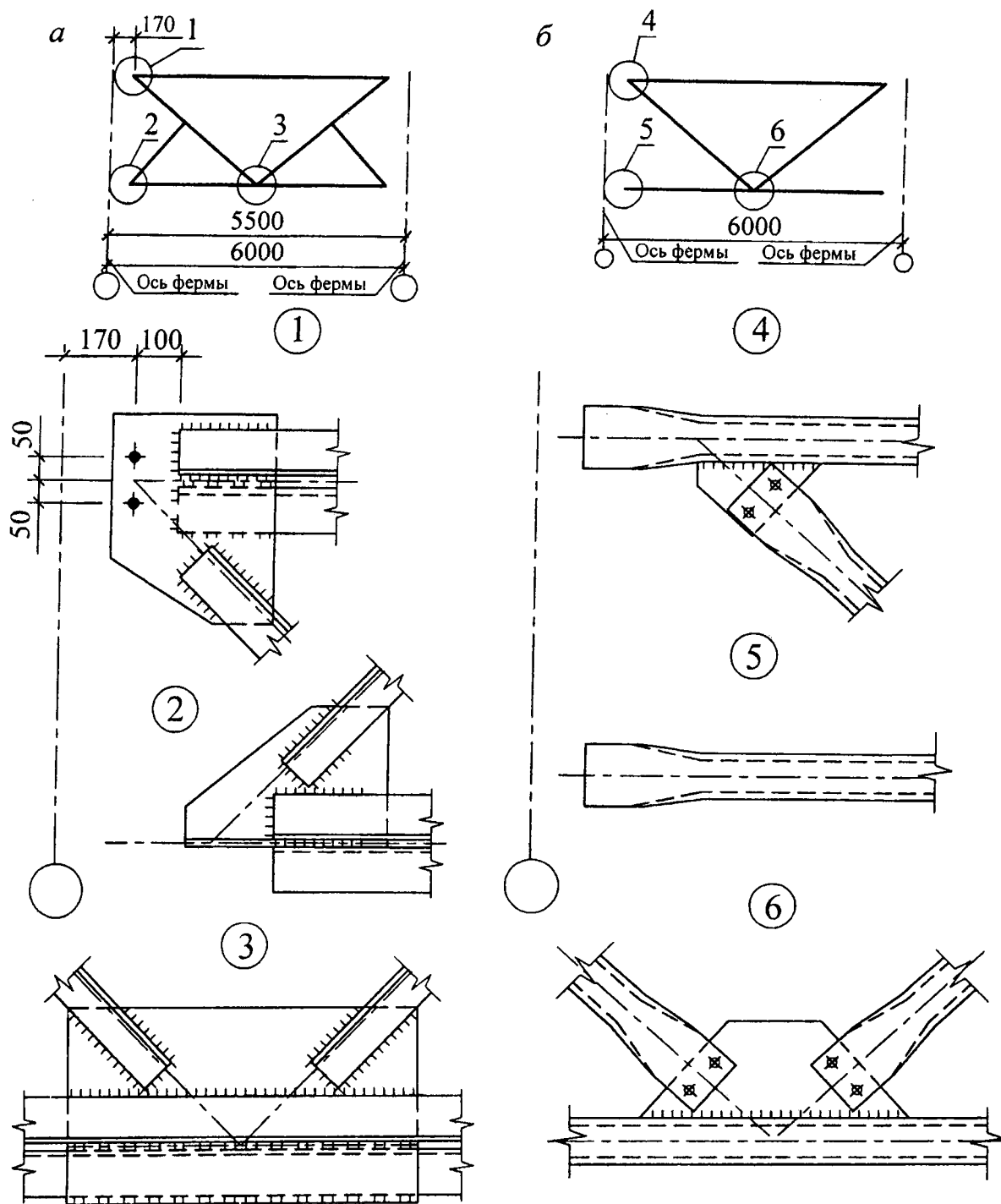


Рис. 5.11. Конструктивное решение вертикальных связей из парных уголков (а) и из круглых труб (б) при шаге ферм 6 м

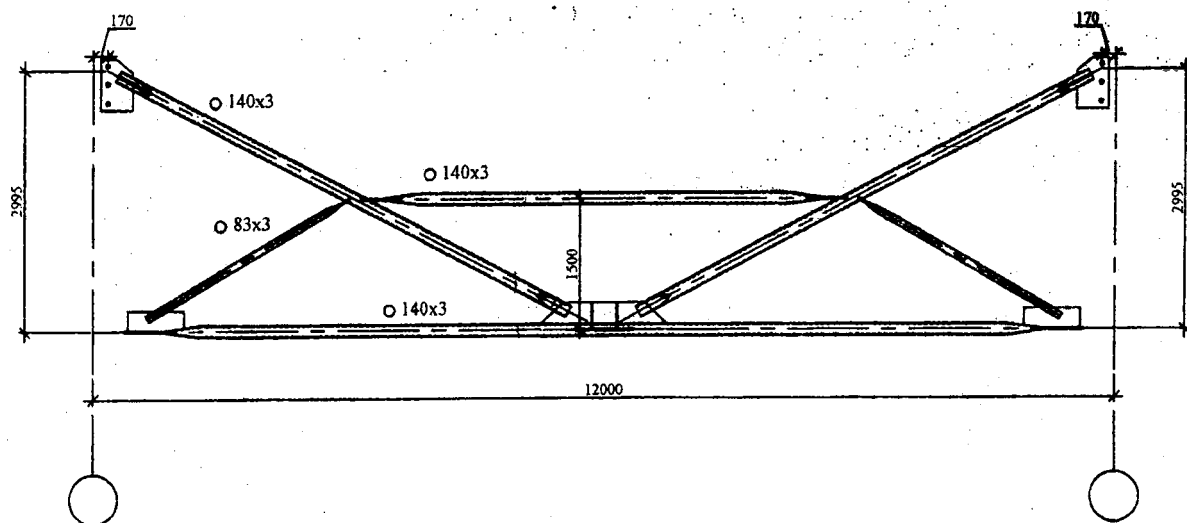


Рис. 5.12. Конструктивное решение вертикальной связи из круглых труб при шаге ферм 12 м

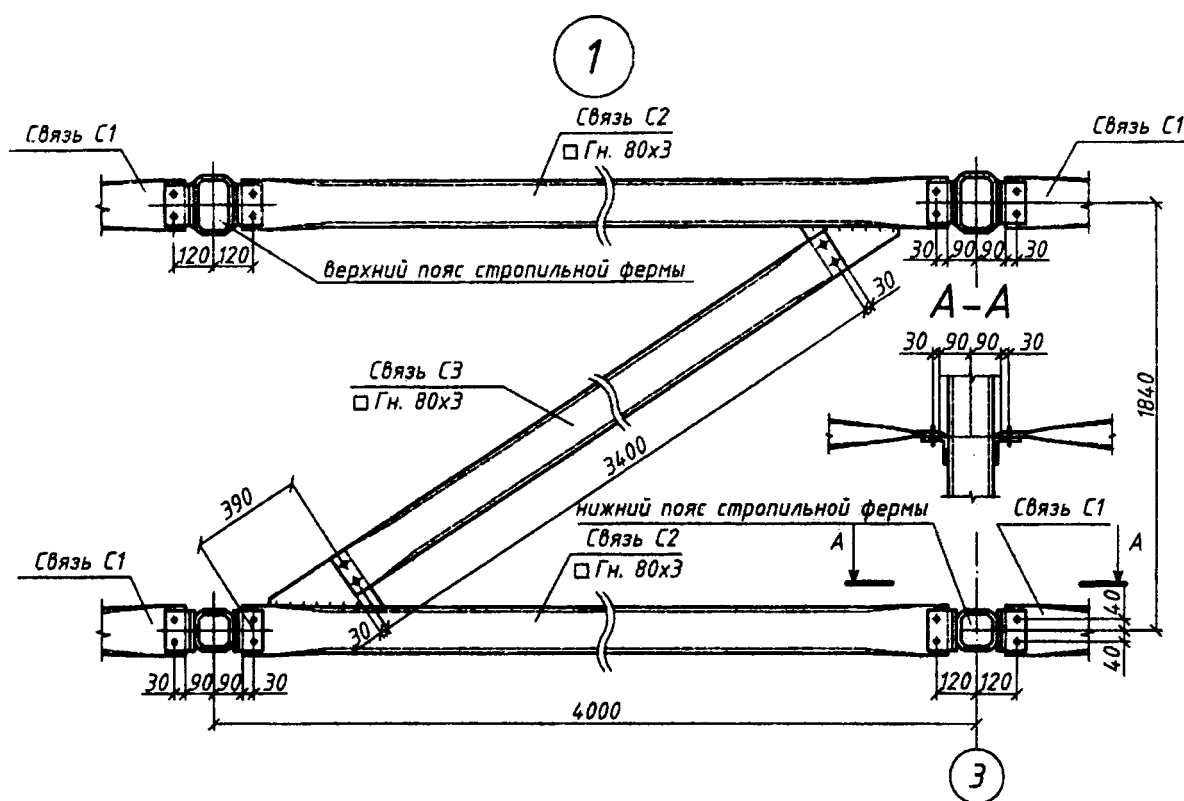


Рис. 5.13. Вертикальные связи и распорки в конструкциях покрытия типа «Молодечно» при шаге ферм 4 м  
(узел замаркирован на рис. 5.14)

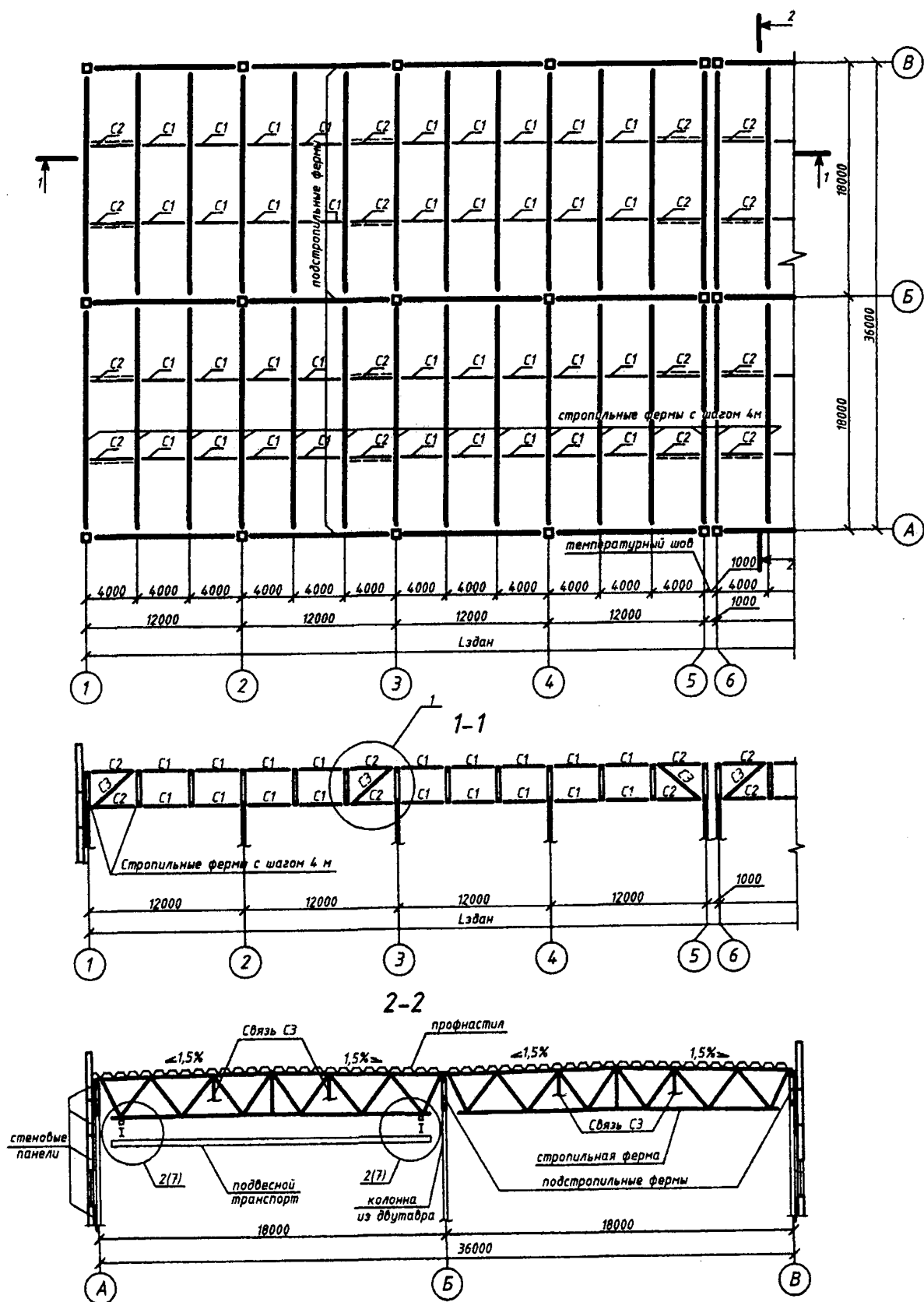


Рис. 5.14. Схема расположения связей в покрытии поэлементного монтажа при пролете ферм 18 м

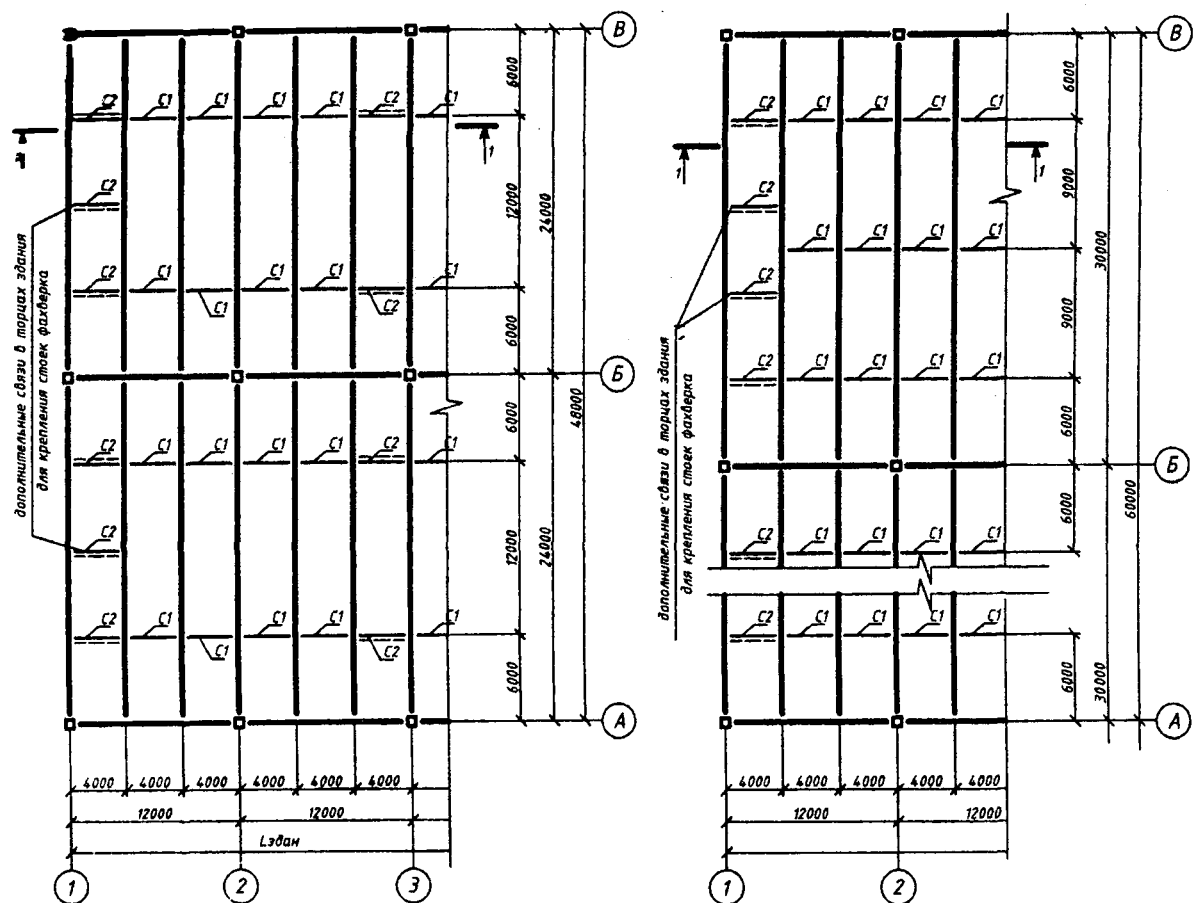


Рис. 5.15. Схема расположения связей в покрытии поэлементного монтажа при пролетах ферм 24 и 30 м



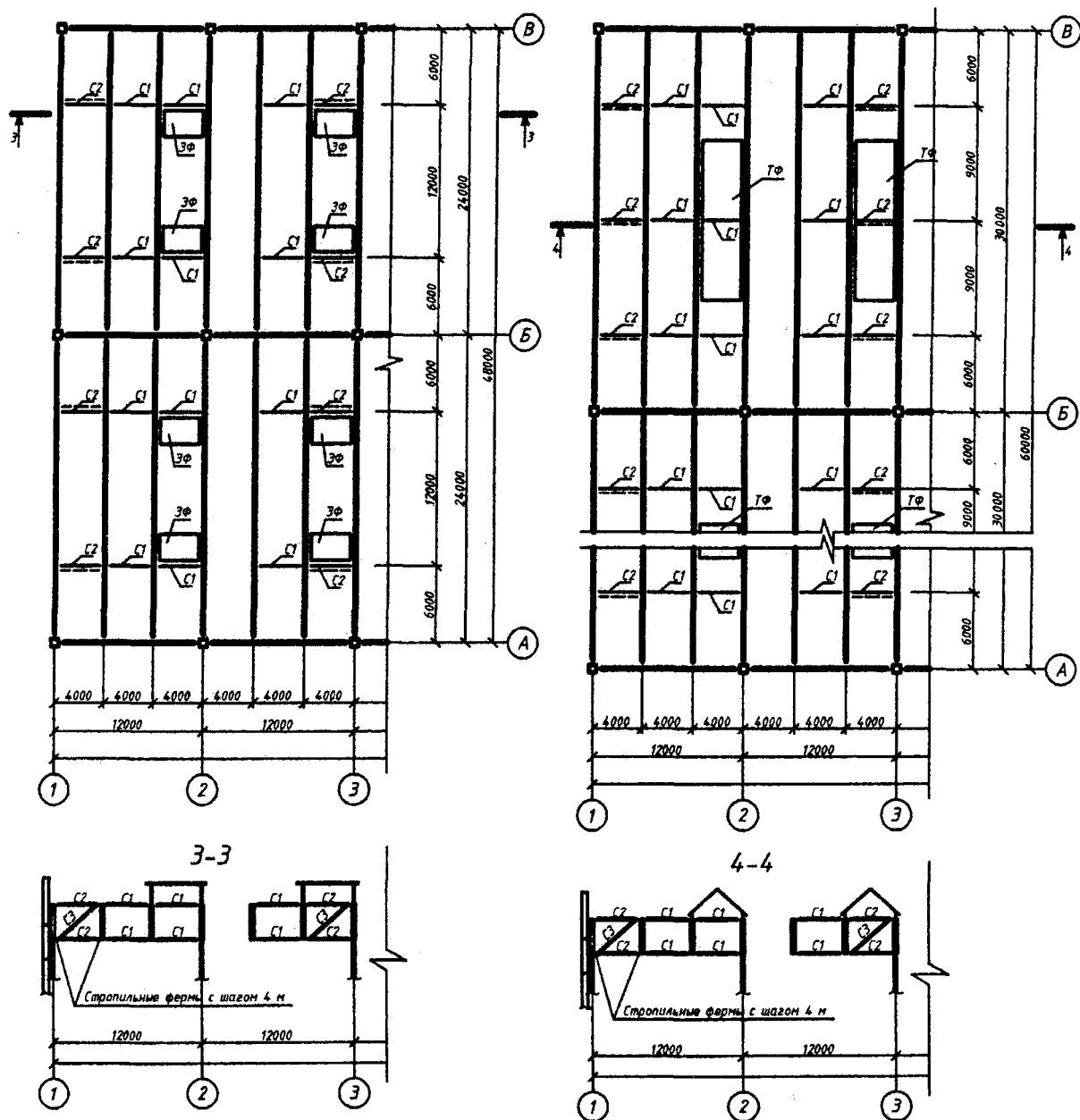


Рис. 5.16. Схема расположения элементов покрытия в зданиях с зенитными и треугольными фонарями при блочном монтаже

### 5.3. Связи в покрытиях с железобетонными плоскостными несущими конструкциями

Функцию горизонтальных связей покрытий с плоскостными несущими железобетонными конструкциями выполняет образованный железобетонными плитами жесткий диск покрытия. С этой целью плиты приваривают к закладным деталям стропильных конструкций не менее чем в трех точках, а стыки между ними замоноличивают.

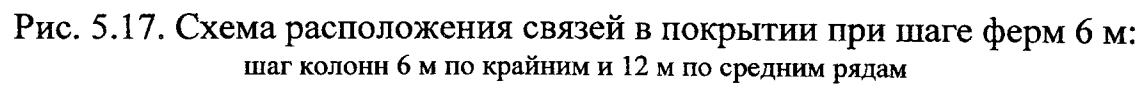
В торцах фонарных проемов фермы для обеспечения устойчивости верхние пояса развязываются горизонтальными крестовыми связями. Рядовые фермы связываются со связевыми фермами проходящими по коньку распорками.

Для повышения устойчивости здания в продольном направлении, кроме того, предусматривают систему **вертикальных связей** в покрытии. Вертикальные связи в покрытии не ставят, если здание имеет скатную кровлю, а высота несущих конструкций покрытия на опорах не более 900 мм или когда покрытие решено с подстропильными конструкциями.

В остальных случаях вертикальные связи устанавливают в крайних ячейках температурных блоков здания по продольным осям в местах опор несущих конструкций. В остальных ячейках продольную жесткость повышают **распорки**, устанавливаемые по верху колонн.

На рис. 5.17–5.19 приведены схемы расположения связей в покрытиях производственных зданий при плоскостных железобетонных конструкциях покрытия.

Узлы крепления связей к конструкциям покрытия и к фахверку даны на рис. 5.20–5.22.



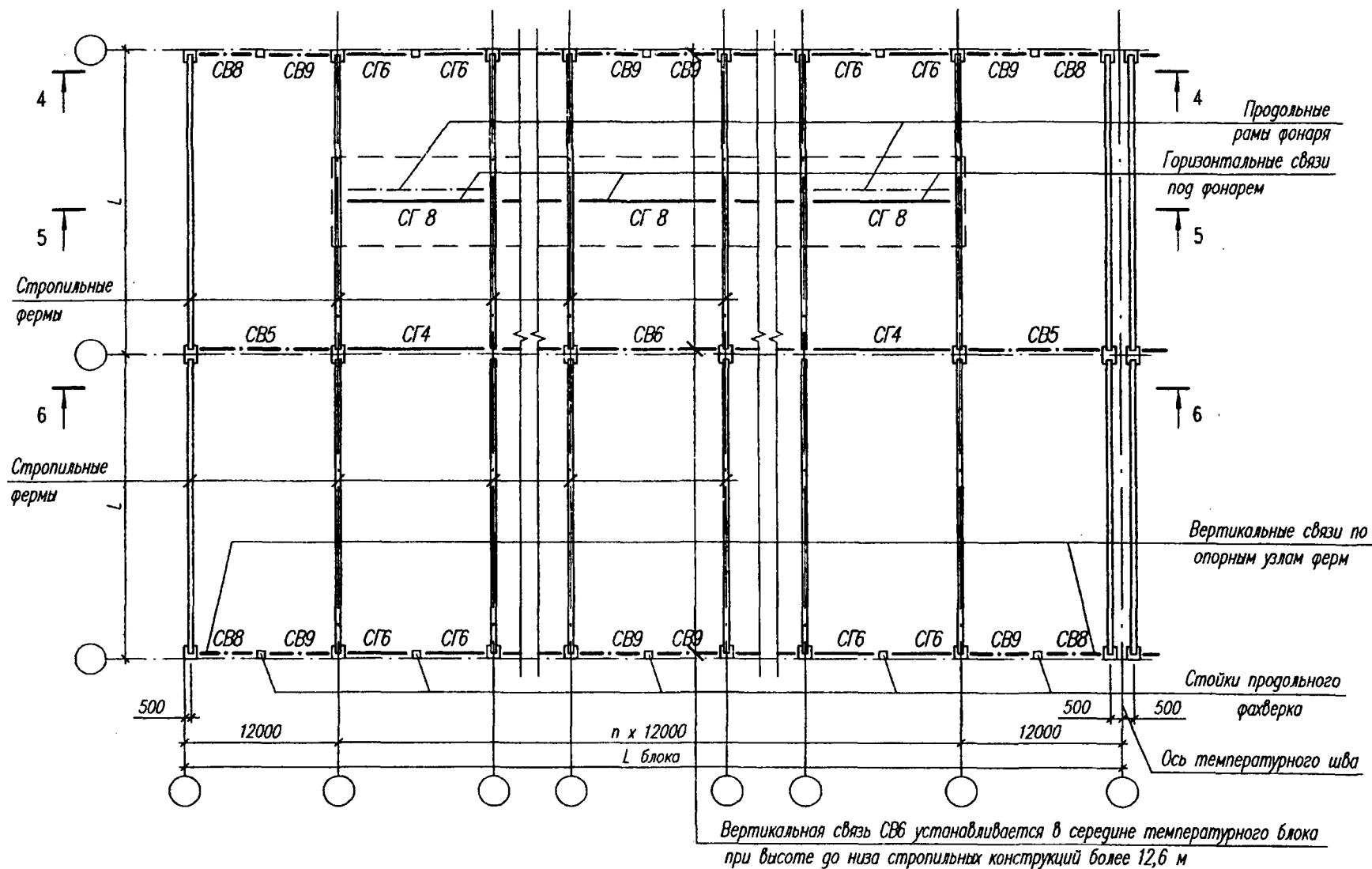


Рис. 5.18. Схема расположения связей в покрытии при шаге ферм 12 м:  
шаг колонн 12 м по крайним и средним рядам, вариант с продольным фахверком

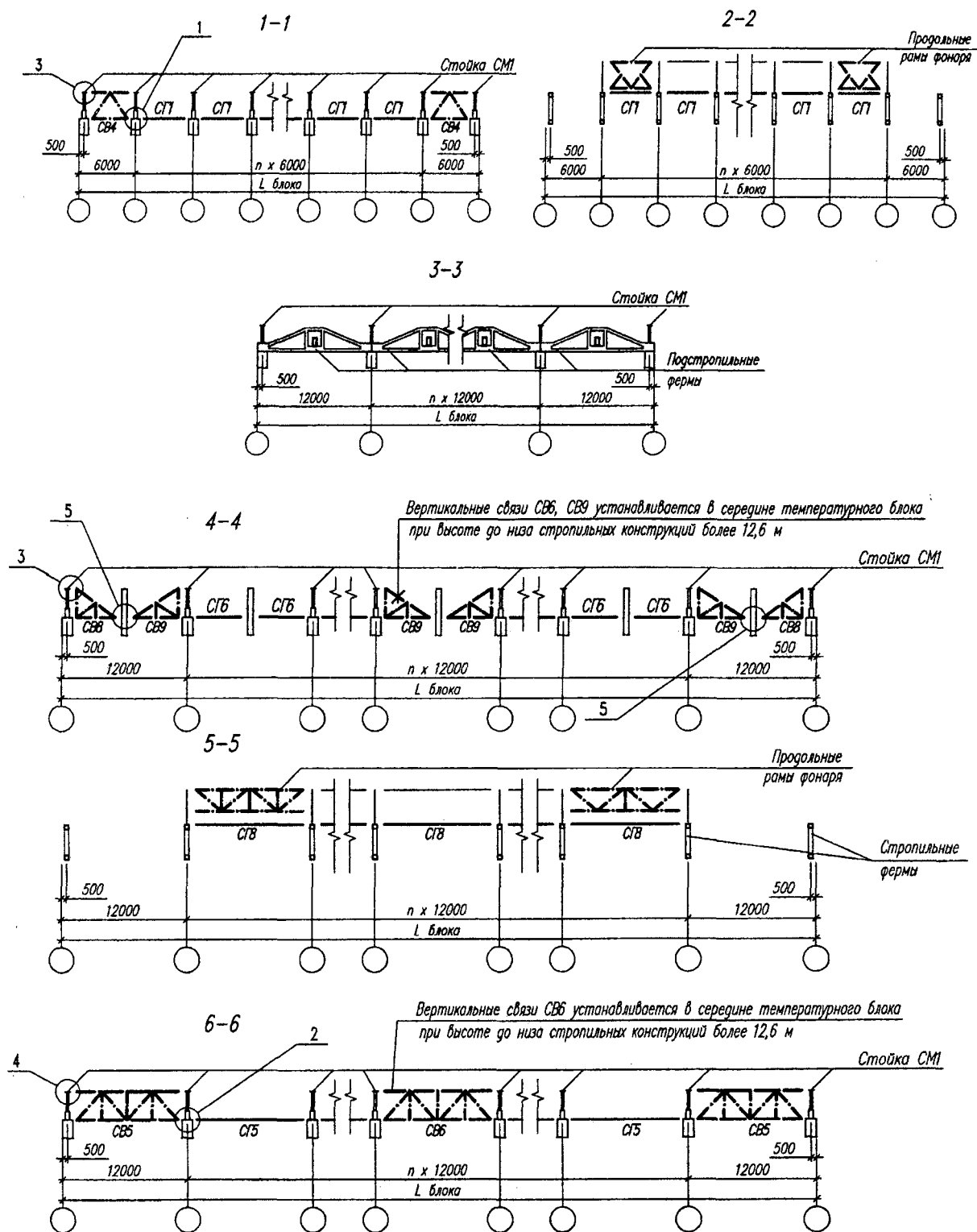


Рис. 5.19. Расположение вертикальных связей и распорок в покрытиях с железобетонными фермами (разрезы обозначены на рис. 5.17–5.18)

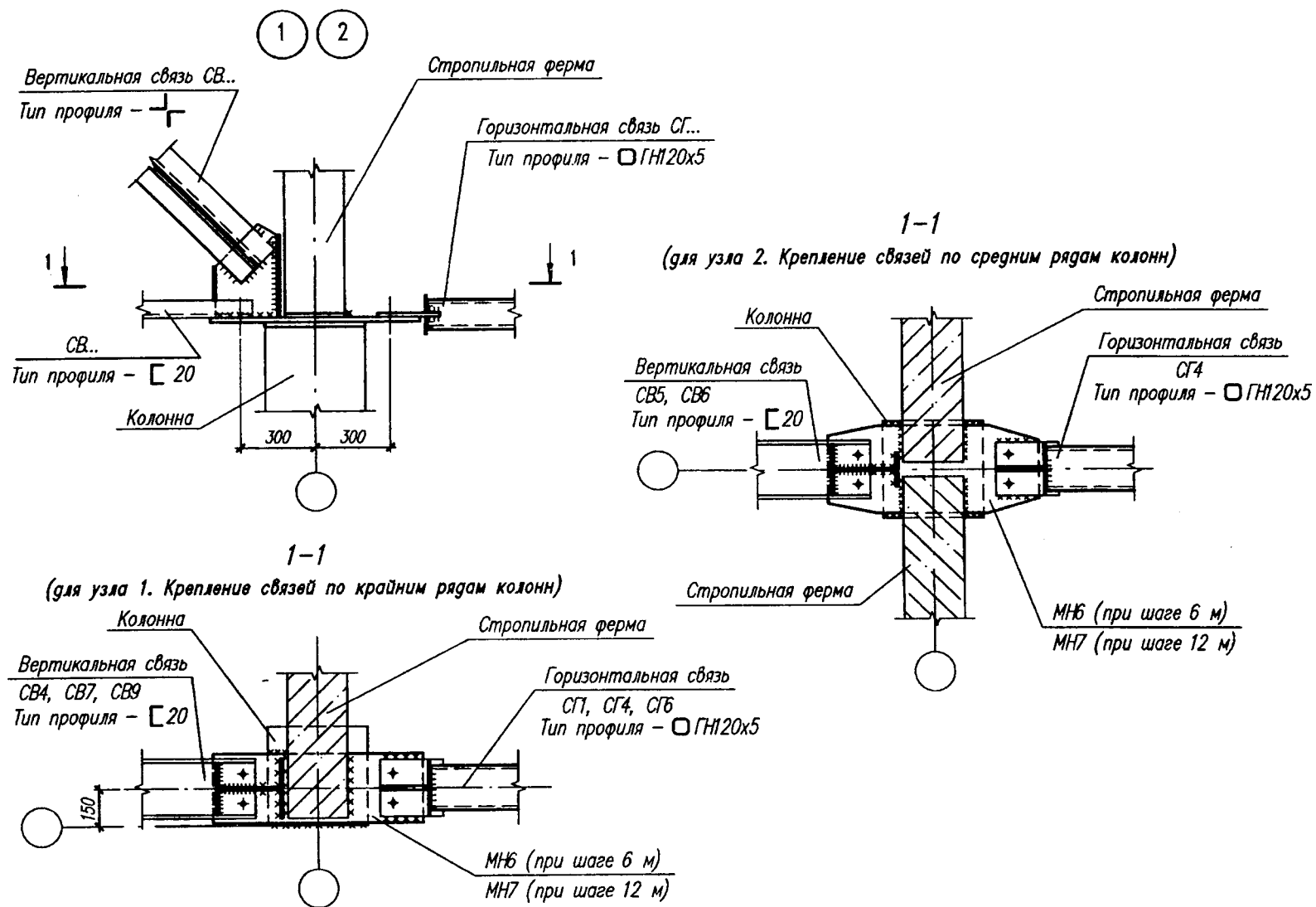


Рис. 5.20. Узлы крепления вертикальных связей и распорок  
(маркировка узлов дана на рис. 5.19)

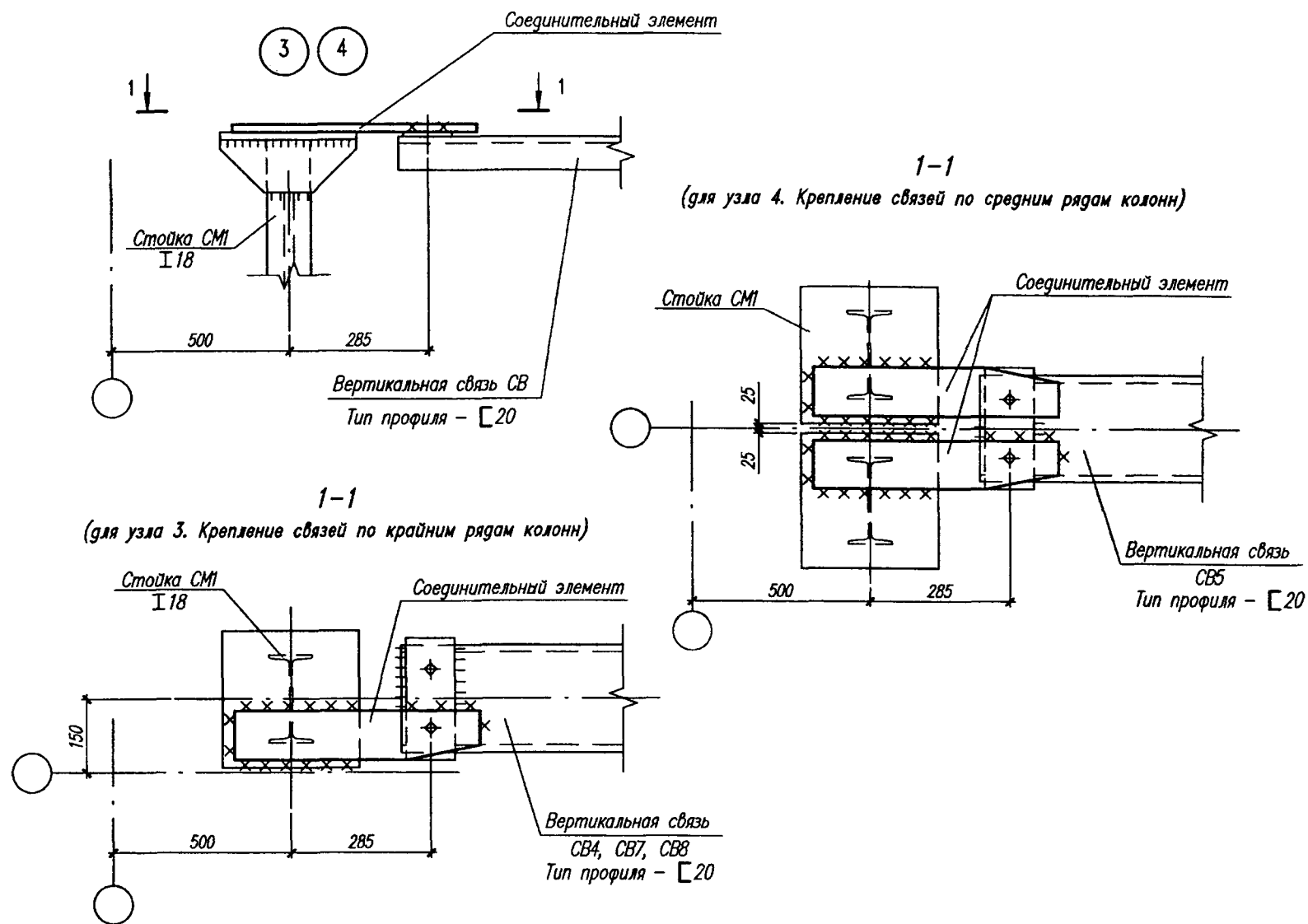


Рис. 5.21. Узлы крепления вертикальных связей к ферме  
(маркировка узлов дана на рис. 5.19)

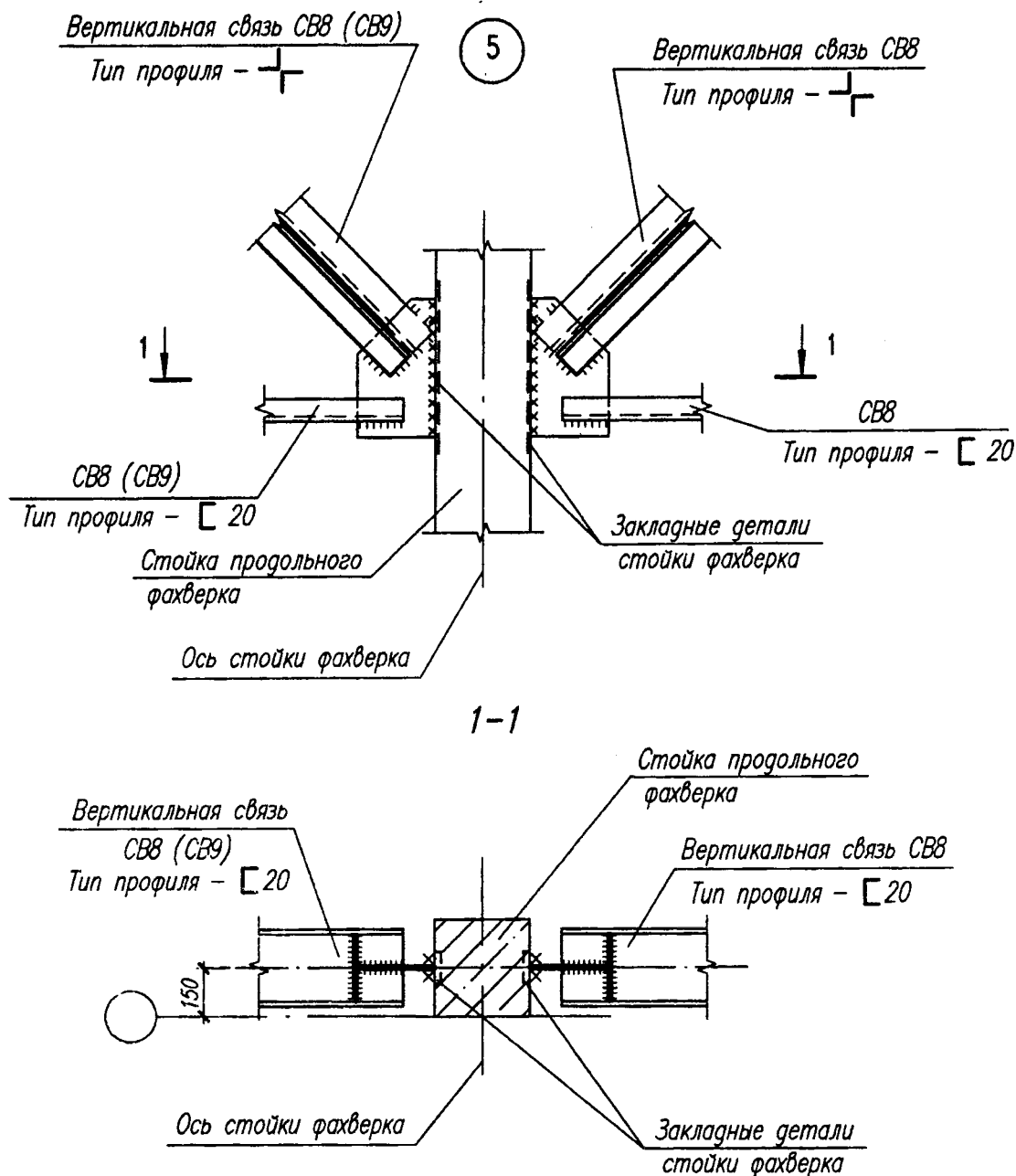


Рис. 5.22. Узел крепления вертикальных связей к стойке продольного фахверка

#### 5.4. Связи в покрытиях с деревянными плоскостными несущими конструкциями

В зданиях с несущими конструкциями из дерева для обеспечения пространственной жесткости и неизменяемости каркаса плоские несущие конструкции объединяют между собой в геометрически неизменяемый каркас при помощи связей.

Система связей зависит от вида несущих конструкций, величины перекрываемых пролетов, шага колонн, наличия прогонов, размеров сечения конструкций покрытия и других факторов (рис. 5.23–5.25).



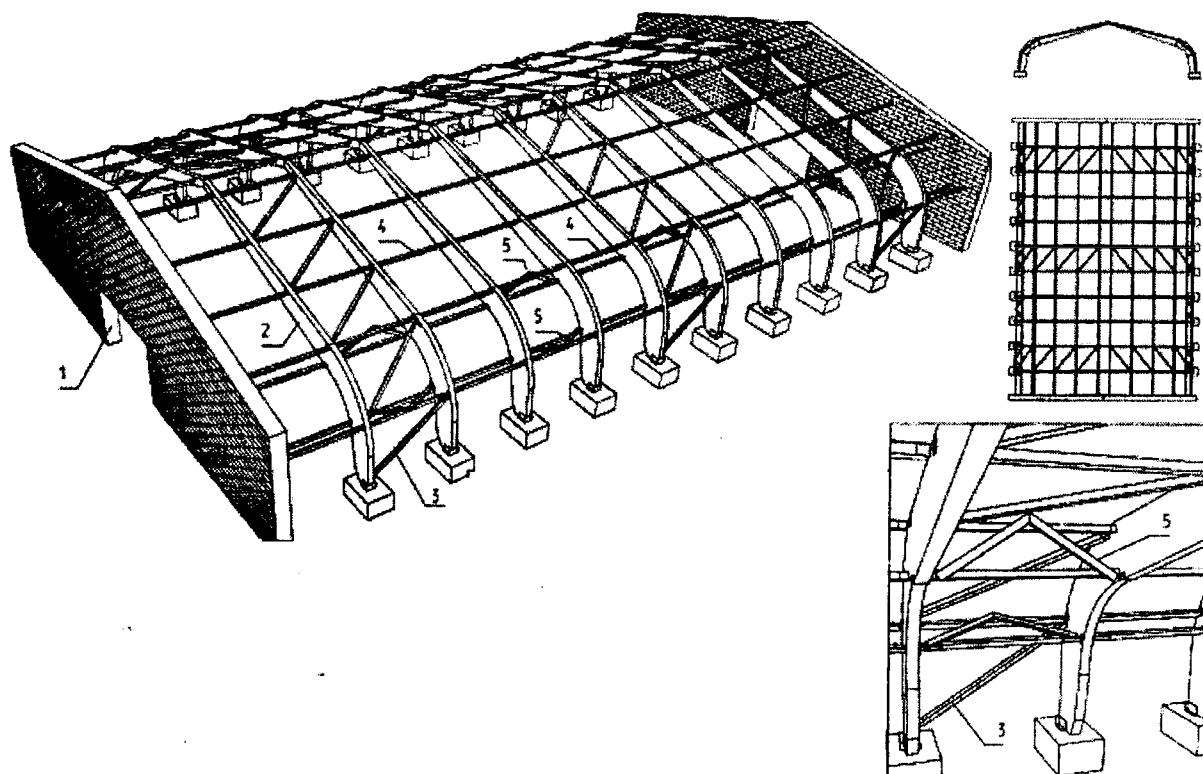


Рис. 5.23. Связевая система трехшарнирных гнутоклееных рам с деревянными раскосными связями и торцовыми кирпичными стенами:  
 1 – торцовая кирпичная стена; 2 – трехшарнирная клееδοшчатая рама (арка);  
 3 – деревянный раскос связей по скату; 4 – деревянные распорки (стойки связевой решетки); 5 – дощатые наклонные связи (полураскосная решетка)

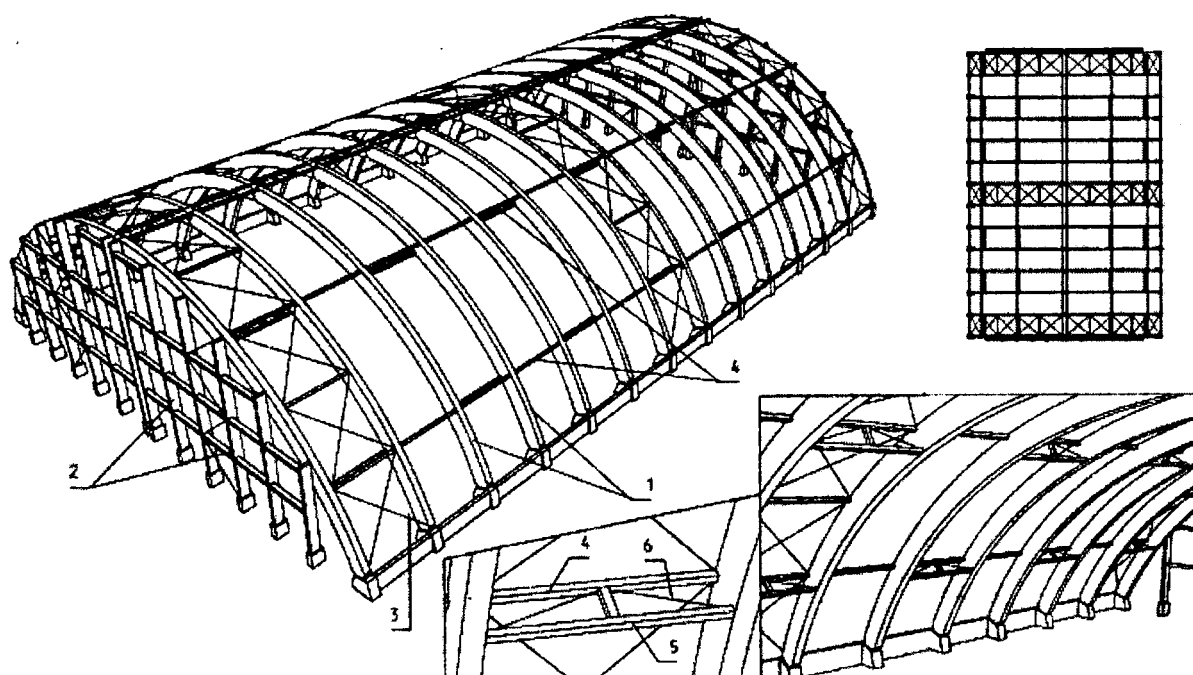


Рис. 5.24. Связевая система трехшарнирных арок с металлическими крестовыми связями:  
 1 – трехшарнирная арка; 2 – стойки торцевого фахверка с горизонтальными перекладинами;  
 3 – крестовая связь из тяжелой круглой стали; 4 – деревянные распорки по наружному контуру арок; 5 – то же по внутреннему контуру арок; 6 – тяж из круглой стали

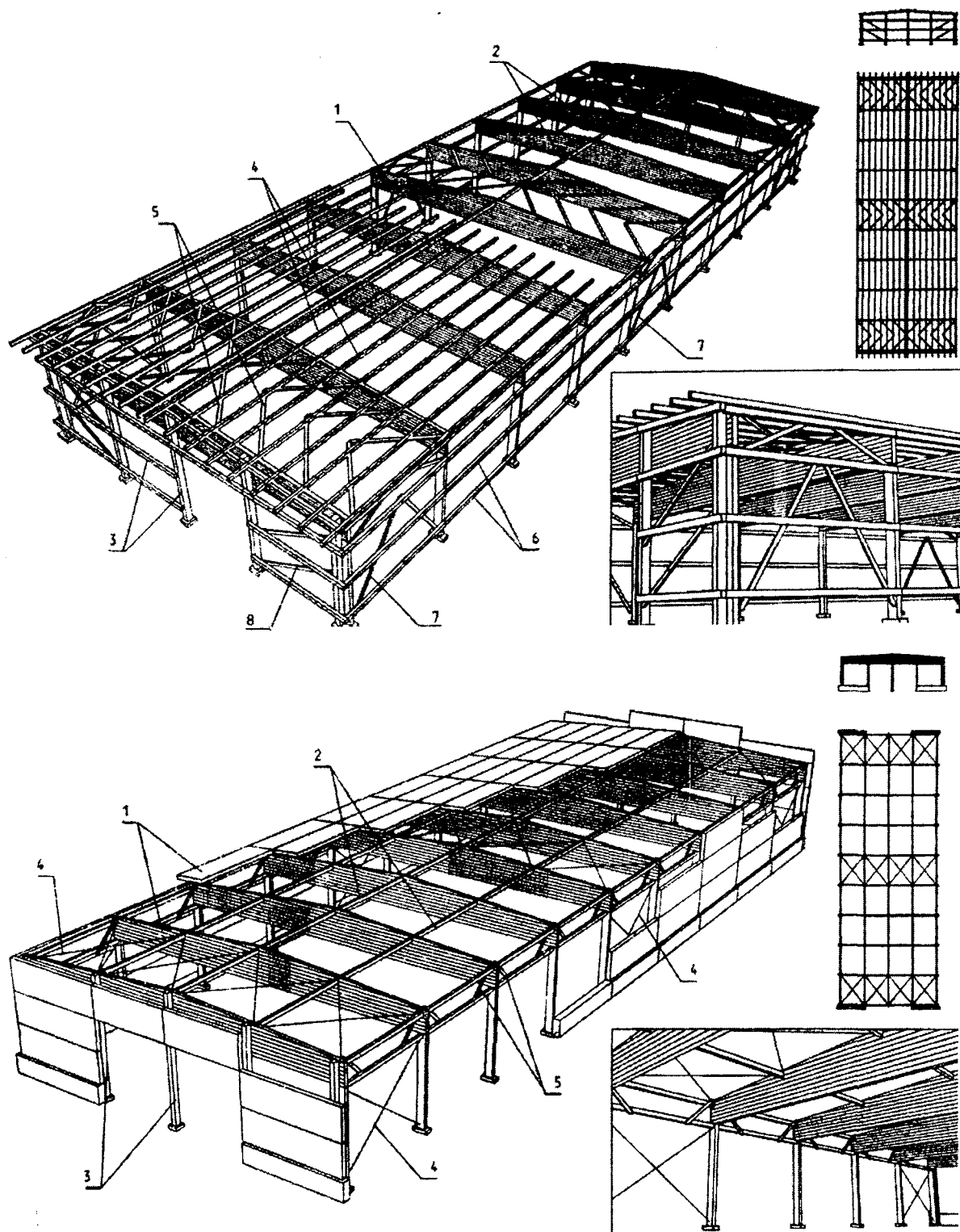


Рис. 5.25. Устройство связей в каркасном здании при прогонном (а) и беспрогонном (б) решении покрытия:

а: 1 – стоечно-балочная рама; 2 – коньковый брус; 3 – стойка торцевого фахверка с горизонтальными перекладинами; 4 – прогоны покрытия; 5 – полураскосная дощатая связь, подшитая к прогонам снизу; 6 – обвязочные брусья по стойкам; 7 – полураскосная дощатая связь по обвязочным брусьям; 8 – дощатый раскос по стойкам фахверка;  
 б: 1 – стоечно-балочная система с панелями ограждения; 2 – деревянные распорки скатных связей; 3 – стойки торцевого фахверка; 4 – стальные тяжи крестовых связей; 5 – дощатый связевой подкос

В зданиях с **плоскостными** конструкциями покрытий из **ферм** или **балок** система связей по покрытию включает **горизонтальные** поперечные связевые фермы и **вертикальные** связи.

Поперечные связевые фермы располагают в плоскости верхних поясов стропильных ферм у торцов здания, а также в промежутке через 25–30 м по длине здания.

При пролетах не более 18 м вертикальные связи достаточно располагать в середине пролета в торцах здания, а также по длине через 25–30 м. При пролетах, превышающих 18 м, вертикальные связи устанавливают в плоскости опор стропильных конструкций или в четвертях (третях) пролета. Иногда для удобства монтажа фермы или балки соединяют вертикальными связями попарно. На рис. 5.26, а приведен вариант устройства связей в покрытии из металлодеревянных сегментных ферм.

В зданиях с подвесным подъемно-транспортным оборудованием следует устанавливать также горизонтальные поперечные связевые фермы в плоскости нижних поясов стропильных конструкций. Их также рекомендуется размещать в торцах здания и через 25–30 м по длине.

В зданиях с каркасом из трехшарнирных **рам** или **арок** деревянные прогоны покрытий и стен, а также продольные ребра кровельных и стеновых панелей выполняют роль распорок и являются элементами связей. Однако существующие способы их крепления к несущим конструкциям (на болтах, штырях, гвоздях и др.) позволяют получать только шарнирное соединение. Для обеспечения продольной устойчивости таких зданий две смежные арки или рамы с помощью связей соединяют в жесткий пространственный блок.

В рамных конструкциях такие связи устанавливают и по ригелям, и по стойкам. Связевые блоки рекомендуется располагать в торцах здания, а также через 25–30 м по длине. Вариант расположения связей в здании из трехшарнирных арок кругового очертания приведен на рис. 5.26, б.

В зданиях с кирпичными или железобетонными торцовыми стенами, способными воспринимать ветровые нагрузки, блоки связей устраивают во второй от торца секции (см. рис. 5.23). В некоторых случаях основные несущие конструкции в торцах здания не ставятся, тогда нагрузка от покрытия тоже передается на стойки фахверка (несущий фахверк).

Связевые фермы могут иметь любую решетку: крестовую, раскосную, полураскосную, крестовую с дополнительными стойками и т. п.

Элементы связей могут выполняться из цельной или клееной древесины либо из металлических тяжей с муфтами (рис. 5.27).

В тех случаях, когда в качестве несущее-ограждающих конструкций покрытия используют жесткие панели или дощатые щиты с диагональными брусками, жестко прикрепленные к несущим конструкциям в четырех точках, горизонтальные поперечные связевые фермы в уровне верхнего пояса конструкций покрытия могут не устанавливаться.

В зданиях с деревянным каркасом в каждом конкретном случае вопрос обеспечения пространственной жесткости здания решается индивидуально.

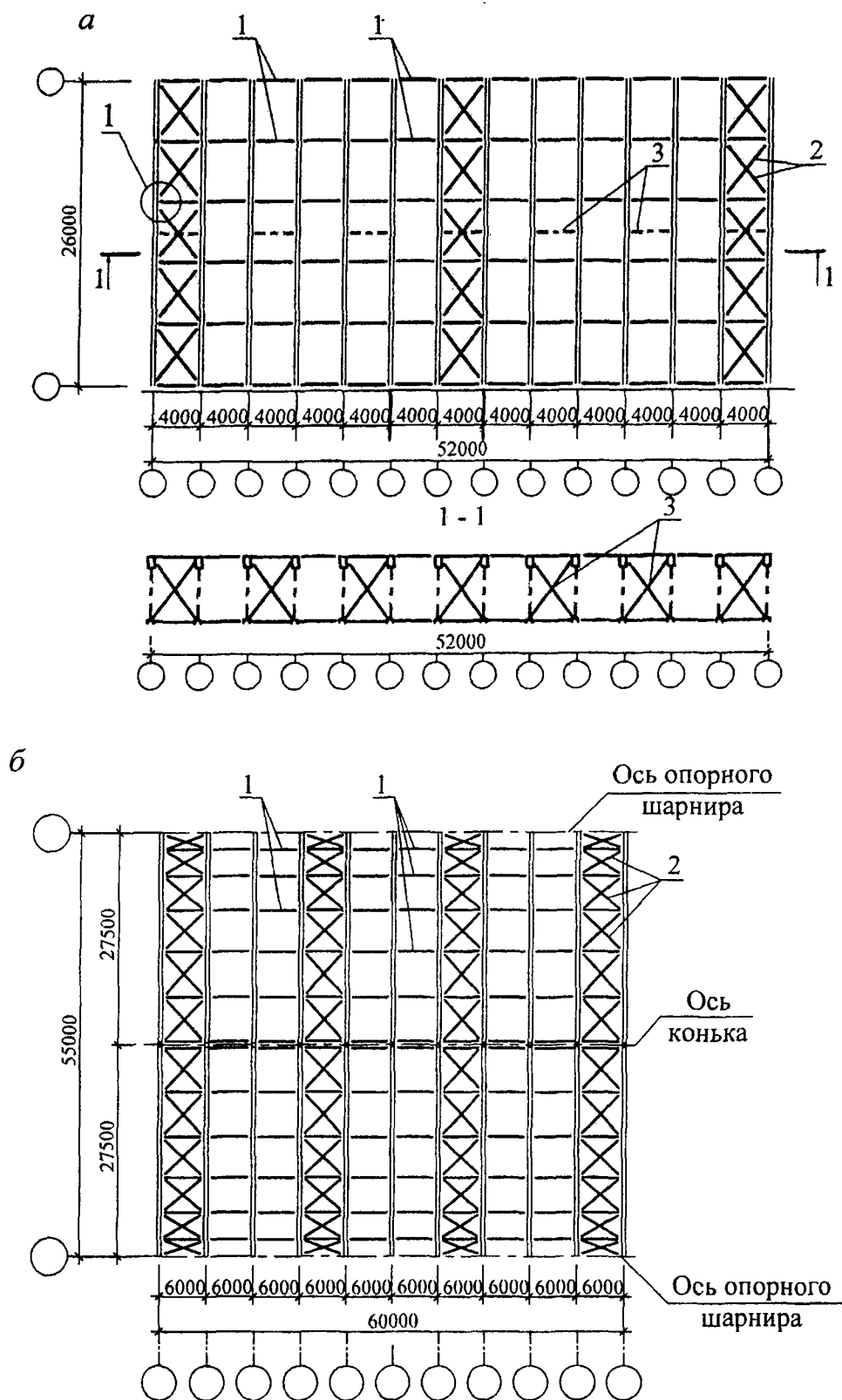


Рис. 5.26. Варианты обеспечения пространственной жесткости покрытия в зданиях с плоскостными деревянными конструкциями покрытия:

- а* – с сегментными стропильными фермами;  
*б* – с трехшарнирными арками кругового очертания;  
*1* – распорки; *2* – раскосы; *3* – вертикальные связи

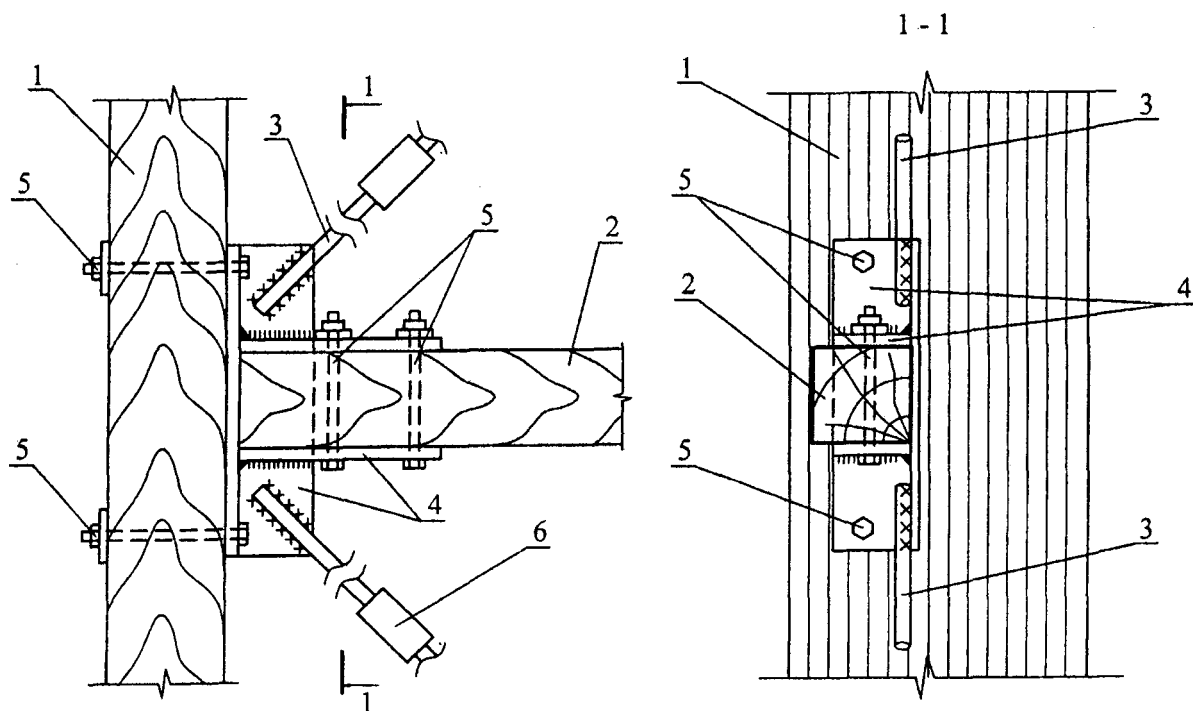


Рис. 5.27. Вариант конструктивного решения горизонтальных связей в покрытии из деревянных плоскостных конструкций (узел 1 на рис. 5.26):

- 1 – арка, балка или верхний пояс фермы; 2 – деревянная распорка;  
 3 – тяжи-раскосы из круглой стали; 4 – стальной сварной башмак;  
 5 – стальные болты; 6 – натяжная муфта

## 6. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ

В зданиях производственного назначения возможно также применение пространственных конструкций. В данном пособии рассмотрены некоторые типовые железобетонные и металлические конструкции покрытий.

**Оболочки двоякой положительной кривизны** (серия 1.466.1-6 «Железобетонные многоволновые оболочки положительной кривизны размерами 18×24, 18×30, 18×36 и из плит 3×6 м») предназначены для применения в отапливаемых и неотапливаемых зданиях, бескрановых и крановых, оборудованных подвесными кранами грузоподъемностью до 5 т и мостовыми электрическими кранами грузоподъемностью до 32 т. Здания могут быть бесфонарные или с зенитными фонарями.

Каркас здания с покрытием из оболочки (рис. 6.1) включает жестко заземленные в фундаменты основные колонны, установленные в продольном и поперечном направлениях контурные диафрагмы (фермы или контурные пояса), а также железобетонные плиты, объединенные замоноличиванием швов в жесткую систему оболочки.

Контурные фермы запроектированы железобетонными для пролетов 18 и 24 м и стальными для пролетов 18, 24, 30 и 36 м (рис. 6.1). Все элементы стальных ферм выполнены из парных прокатных уголков за исключением выполненных из сварных двутавров крайних панелей верхних поясов.

Железобетонные плиты оболочек (рис. 6.2) очерчены по цилиндрической поверхности ( $R = 23\,960$  мм) и окаймлены ребрами высотой 250 мм.

Привязка основных колонн к крайним продольным и поперечным осям назначается 250 мм (рис. 6.2, б). Привязка внутренней грани стены принимается равной 290 мм (при использовании контурных диафрагм в виде контурных ферм пролетом 18 и 24 м и контурных поясов) или 540 мм (при контурных фермах пролетом 18–36 м) (рис. 6.3, узел 1). В последнем случае необходима установка приколонных стоек фахверка.

В многоволновых покрытиях плиты смежных оболочек соединяют между собой и с контурными фермами в пределах приопорных участков длиной 3–4,5 м. В средней части пролета выполняется тангенциально-подвижное сопряжение плит на опорном контуре (рис. 6.3, узел 2).

Поперечные и продольные температурные швы осуществляются на спаренных колоннах с устройством вставки между разбивочными осями шириной 1000 мм (рис. 6.3, узел 4). На рис. 6.3 приведены также узлы крепления крановых путей к плитам оболочки (узел 3) и установки зенитного фонаря (узел 5).

Водостоки в многоволновых покрытиях необходимо располагать в узлах пересечения разбивочных осей (рис. 6.2, а), при этом в каждом узле рекомендуется предусматривать не менее двух воронок – ендовную и запасную.

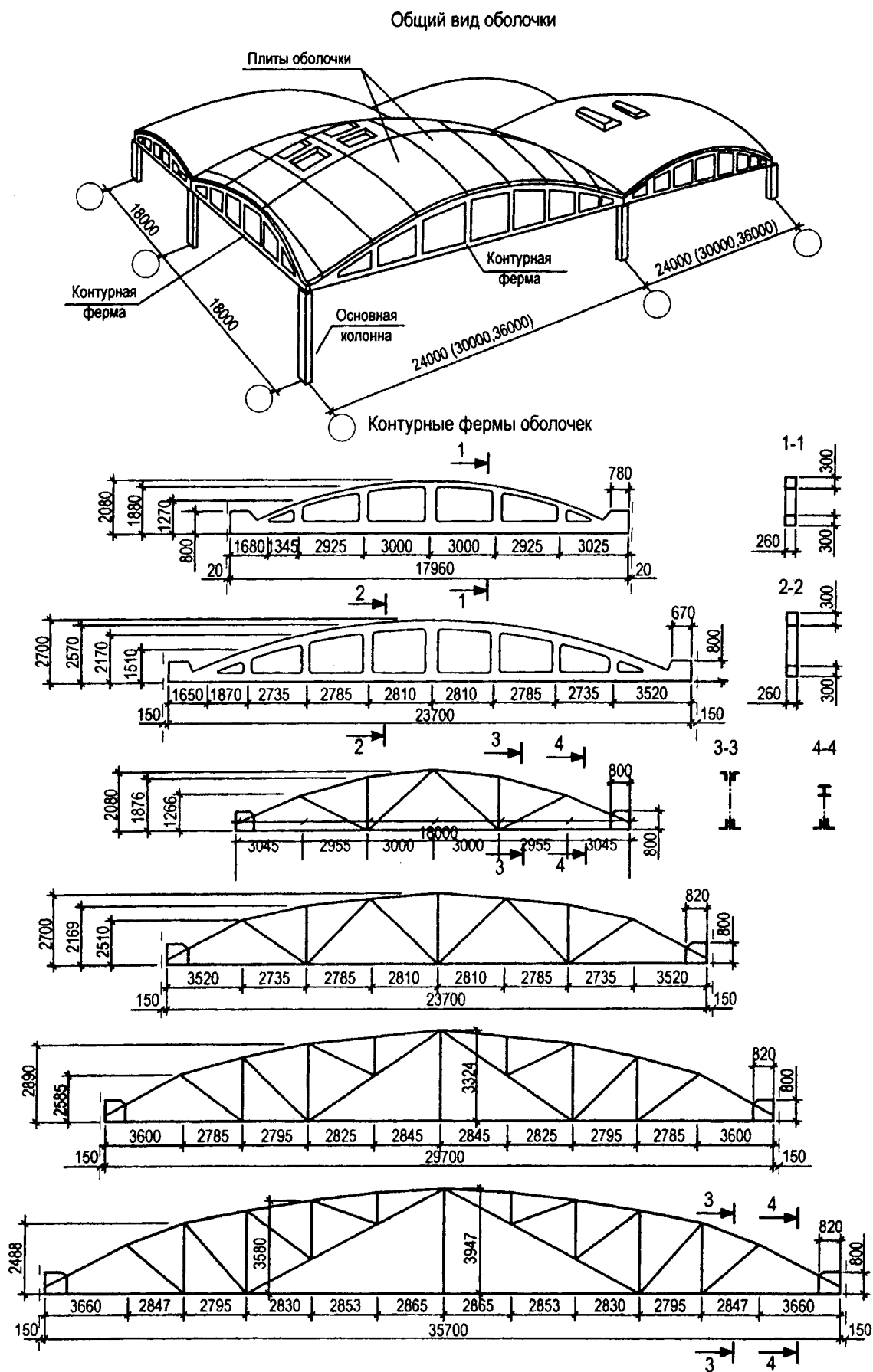


Рис. 6.1. Общий вид и контурные фермы оболочек  
двойкой положительной кривизны

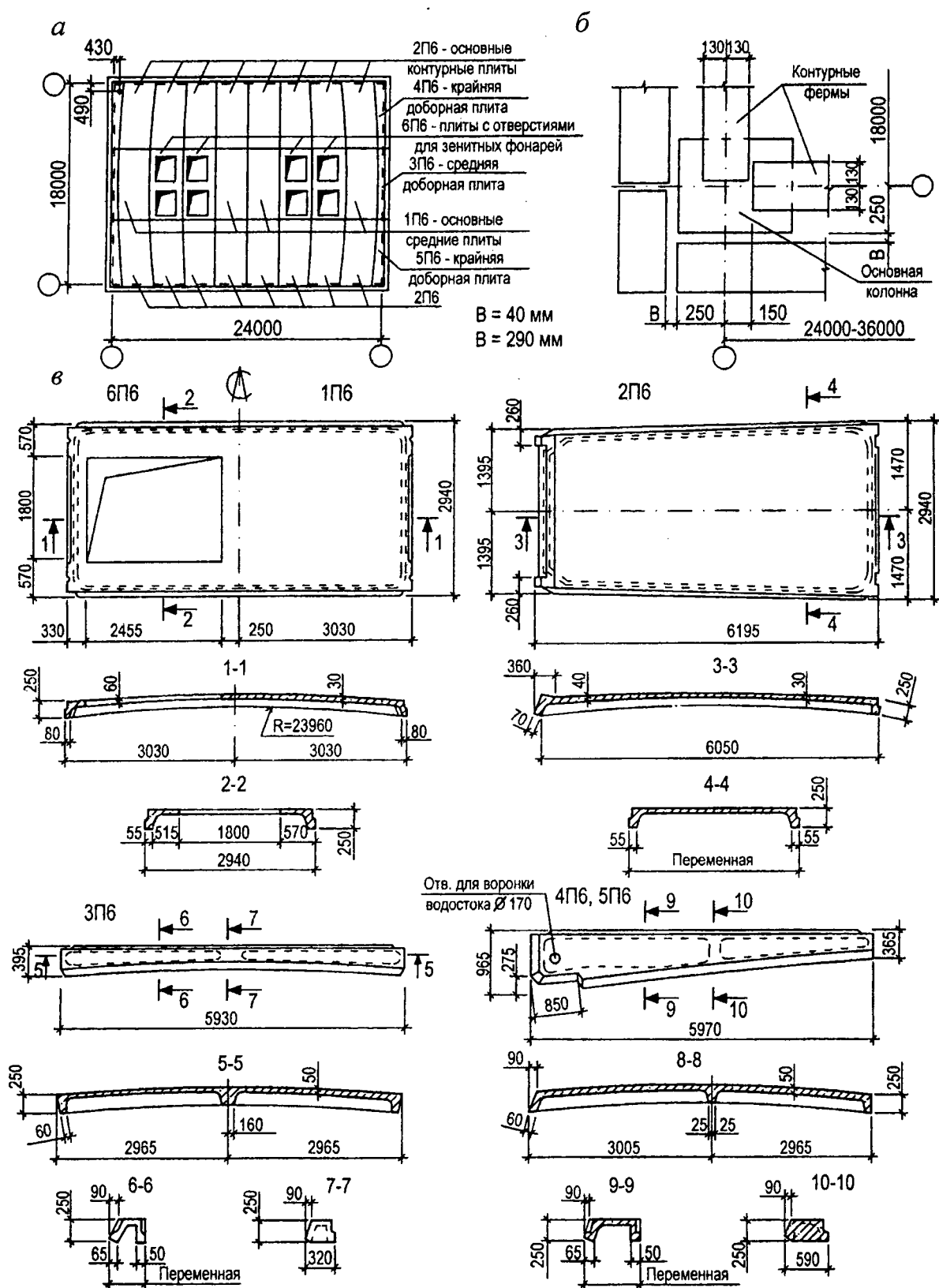


Рис. 6.2. Оболочка двоякой положительной кривизны:  
*а* – схема раскладки плит; *б* – вариант привязки конструктивных элементов к осям;  
*в* – плиты оболочек



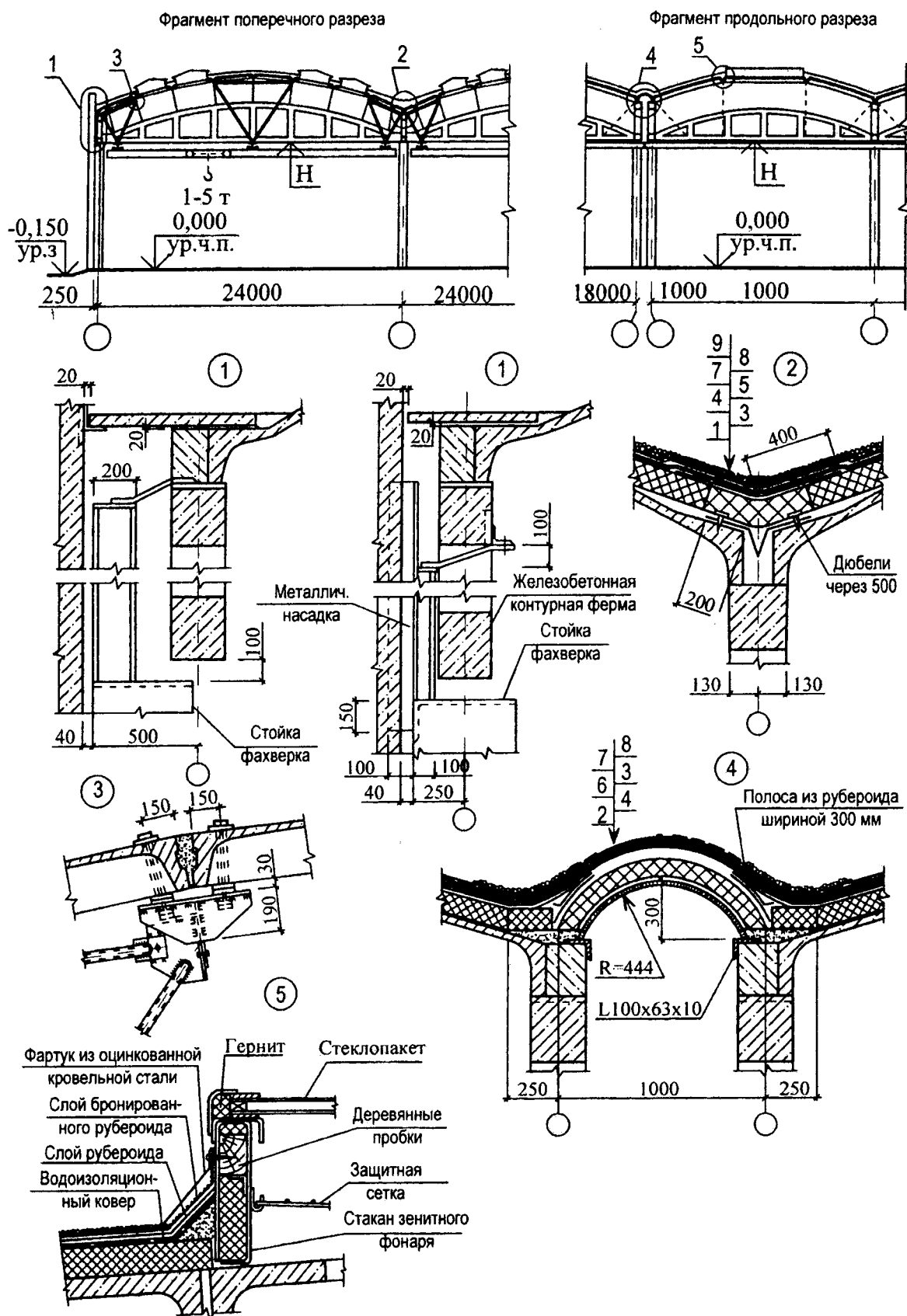


Рис. 6.3. Фрагменты разрезов, узлы и детали

для оболочек двойкой положительной кривизны:

- 1, 5, 6 – фасонные элементы; 2 – стальной монтажный элемент; 3 – слой рубероида;  
4 – несгораемый утеплитель; 7 – дополнительный слой водоизоляционного ковра;  
8 – основной водоизоляционный ковер; 9 – слой гравия на битумной или дегтевой мастике

В зданиях производственного назначения с металлическим каркасом широко применяют **перекрестно-стержневые системы** в виде структурных плит. К достоинствам таких конструкций следует отнести малую строительную высоту покрытия, значительную жесткость покрытия, повышенную степень надежности покрытия от внезапного разрушения благодаря многосвязности системы, а также хорошие архитектурно-эстетические свойства.

Несущие конструкции покрытий по серии 1.460-6/81 «**Структурные конструкции покрытий одноэтажных производственных зданий пролетом 18 и 24 м из прокатных профилей типа «ЦНИИСК»**» предназначены для применения в одно- и многопролетных зданиях с сеткой основных железобетонных или металлических колонн 12×18 и 12×24 м при отметке до низа покрытия 4,8–18,0 м. Здания могут быть оборудованы мостовыми кранами легкого и среднего режимов работы грузоподъемностью до 50 т или подвесными кранами грузоподъемностью до 5 т, могут быть бесфонарными, с зенитными фонарями или с П-образными светоаэрационными фонарями шириной 6 м.

Каждый блок покрытия (рис. 6.4) представляет собой пространственную стержневую конструкцию, собираемую из отдельных стержней и сварных торцевых ферм. Верхние продольные пояса структурного блока, выполненные из обычных или широкополочных двутавров (I 12–24), являются также прогонами и служат опорами для профилированного настила. Остальные элементы выполняются из одиночных (в отдельных случаях – спаренных) равнобоких уголков (L 90×7 и выше).

Заводские соединения элементов структур выполняются сварные, монтажные – на стандартных болтах нормальной точности диаметром 20 мм.

В пределах температурного отсека крайние продольные и поперечные пояса соседних блоков, за исключением опорных участков, соединяются друг с другом через 6 м. Жесткость структурного блока обеспечивается его пространственной решеткой, а также работой присоединенного к верхним поясам стального профилированного настила.

Внешние грани основных колонн смещаются с крайних продольных осей наружу на 250 мм. В торцах температурных блоков основные колонны смещают с поперечных осей внутрь на 180 мм. Внешние грани стоек продольного и торцевого фахверка смещаются с крайних продольных и поперечных осей наружу на 250 мм.

Температурные швы выполняются, как правило, на спаренных колоннах со вставками между разбивочными осями 1000 мм. Пути подвесных кранов следует располагать параллельно короткой стороне. Подвеска крановых путей осуществляется в узлах нижнего пояса структурного блока с шагом 3 м.

Водосточные воронки рекомендуется располагать у колонн между крайними продольными поясами структурных блоков.

Узлы структурных конструкций покрытия из прокатных профилей типа «ЦНИИСК» приведены на рис. 6.5.

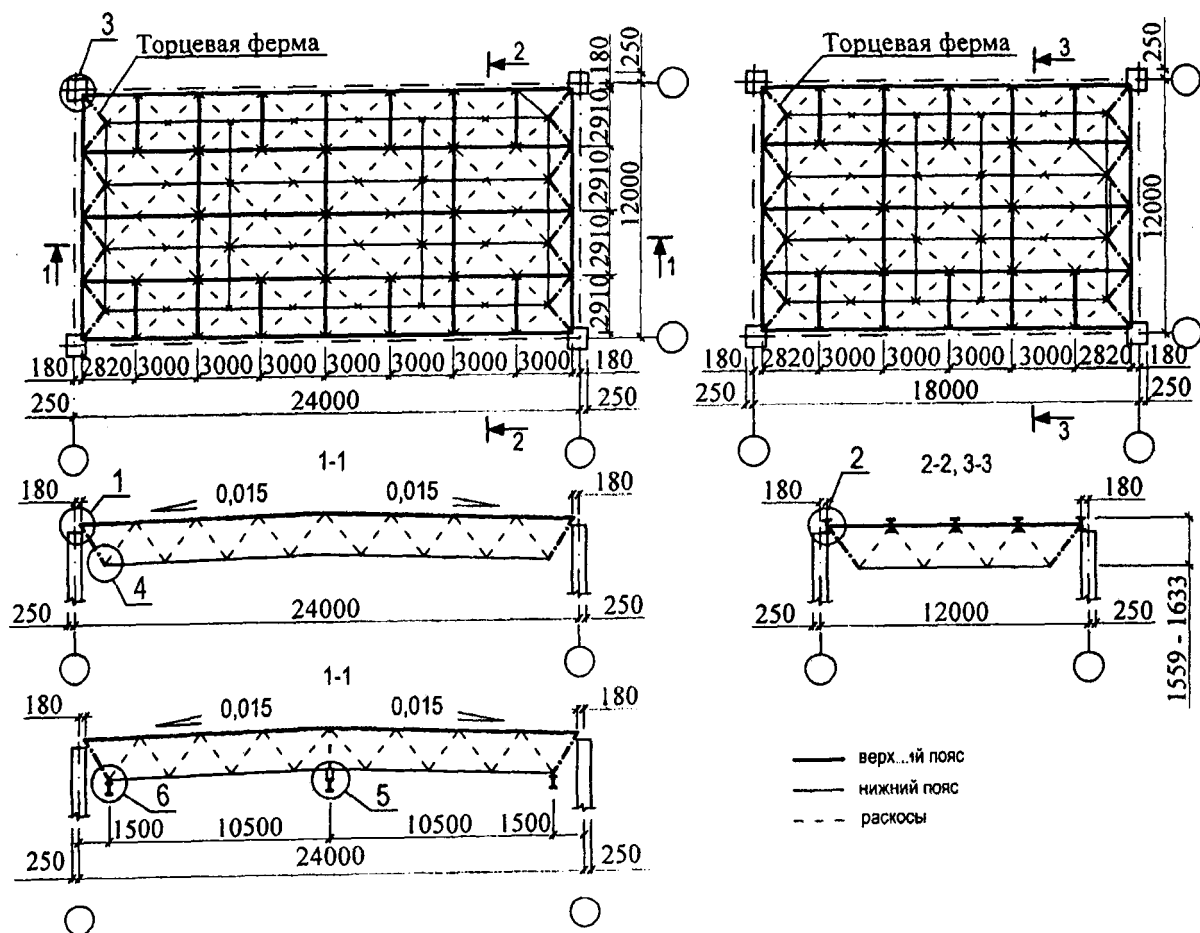


Рис. 6.4. Схемы структурных конструкций покрытия типа «ЦНИИСК»

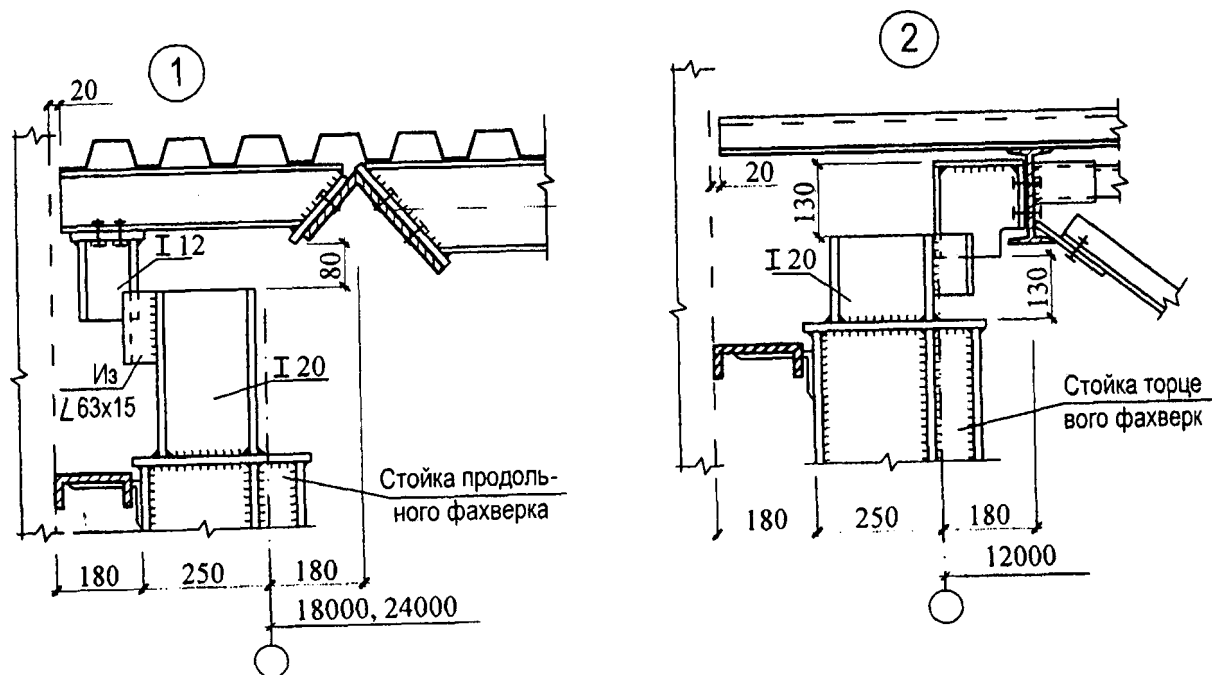


Рис. 6.5. Узлы структурных конструкций покрытий типа «ЦНИИСК»  
(начало; продолжение и окончание см. на с. 160 и 161)



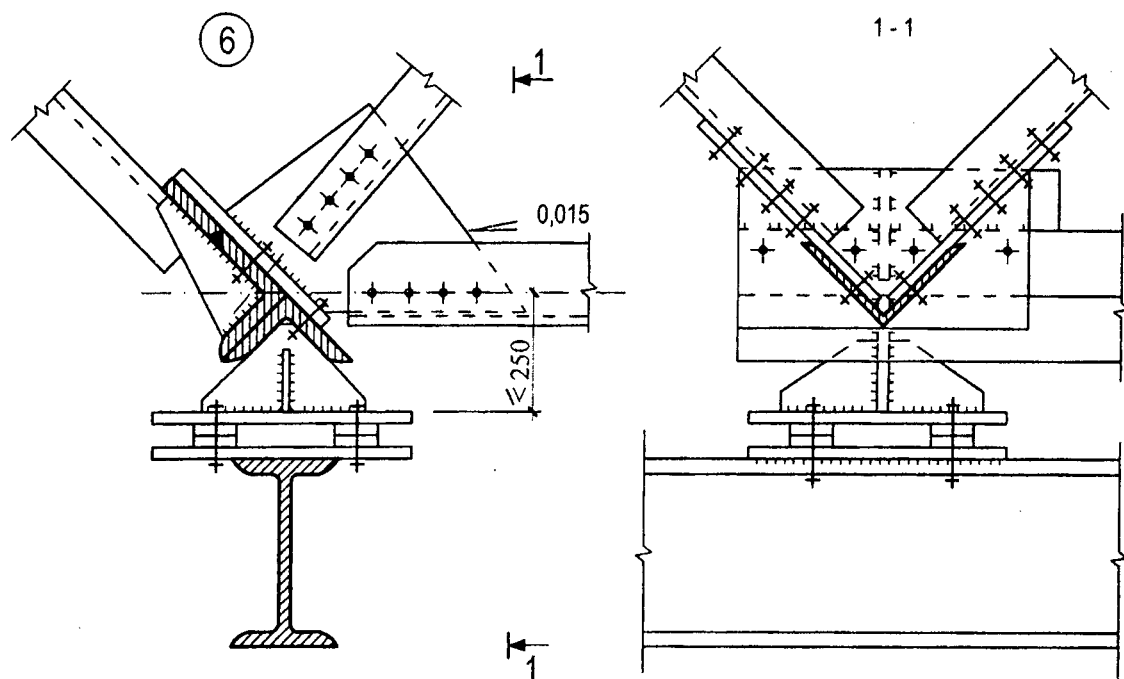


Рис. 6.5. Окончание (начало см. на с. 159 и 160)

В практике проектирования и строительства применяются различные модификации структурных конструкций покрытий из прокатных профилей на основе конструкций типа «ЦНИИСК». Одним из таких видов являются стальные конструкции покрытий одноэтажных производственных зданий **из прокатных профилей с разреженной решеткой** пролетами 18 и 24 м типа «Москва» (шифр 774 КМ). Они применяются в одно- и многопролетных производственных зданиях без фонарей и с зенитными фонарями с шагом колонн по крайним и средним рядам 12 м.

Здание может быть оборудовано мостовыми кранами легкого и среднего режимов работы грузоподъемностью до 20 т включительно или подвесными кранами грузоподъемностью до 3,2 т. Высота до низа конструкций покрытия – 4,8–12,6 м.

Конструкции типа «Москва» отличаются от конструкций типа «ЦНИИСК» главным образом решеткой (рис. 6.6), имеющей шаг верхних поясов из двутавров около 4 м, что также позволяет выполнять беспрогонное решение несуще-ограждающей части покрытия. Это приводит, по сравнению с типовыми решениями, к уменьшению сборочных элементов, снижению трудоемкости изготовления и монтажа, а также расходу материала.

Характерные узлы структурных конструкций покрытий типа «Москва» приведены на рис. 6.7.

При проектировании конструкций, несмотря на увеличение до 2 м их строительной высоты, все элементы, кроме верхних двутавровых поясов, рекомендуется выполнять из одиночных равнобоких уголков. Это целесообразно с технологической и экономической точек зрения.

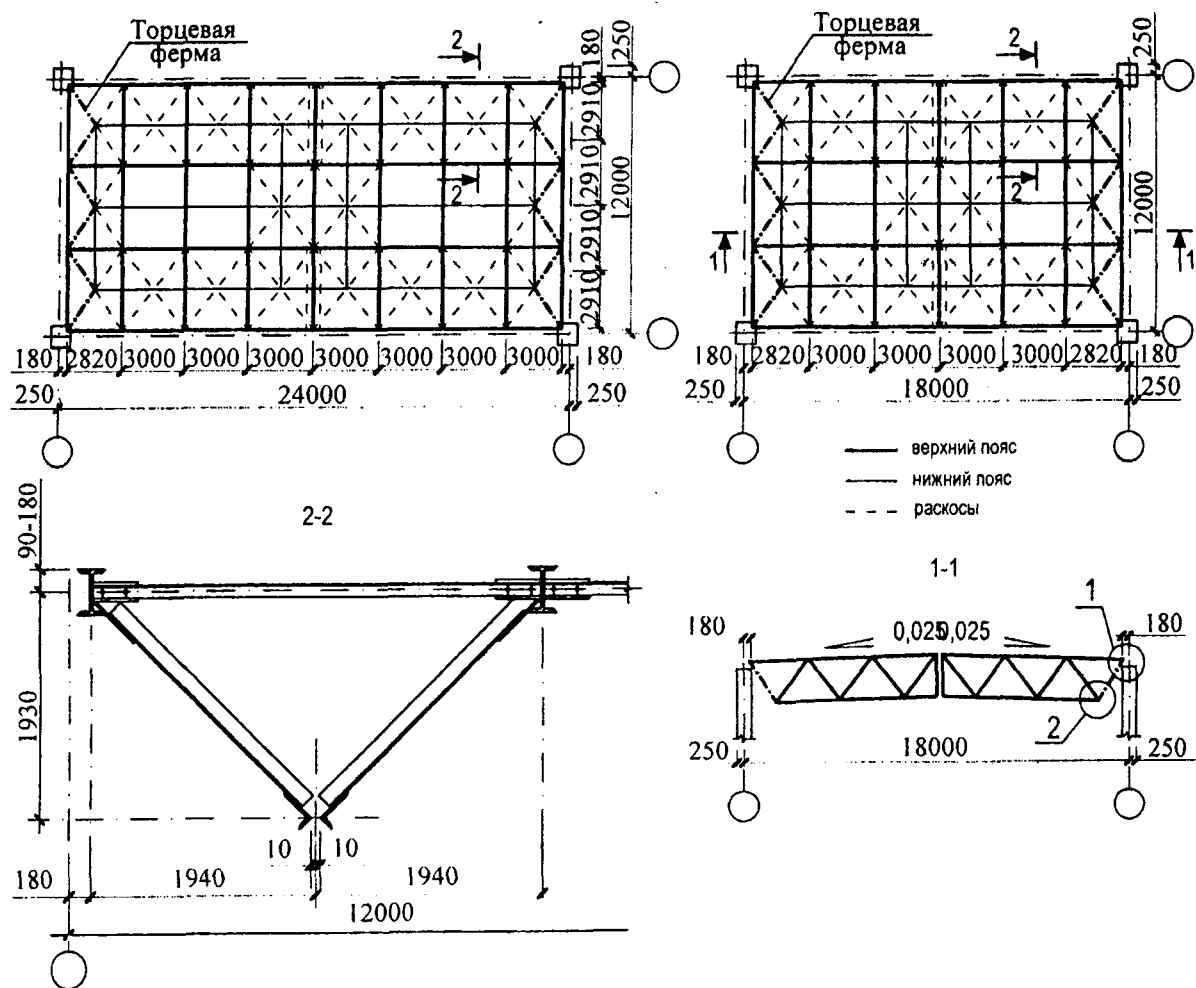


Рис. 6.6. Схемы структурных конструкций покрытий типа «Москва»

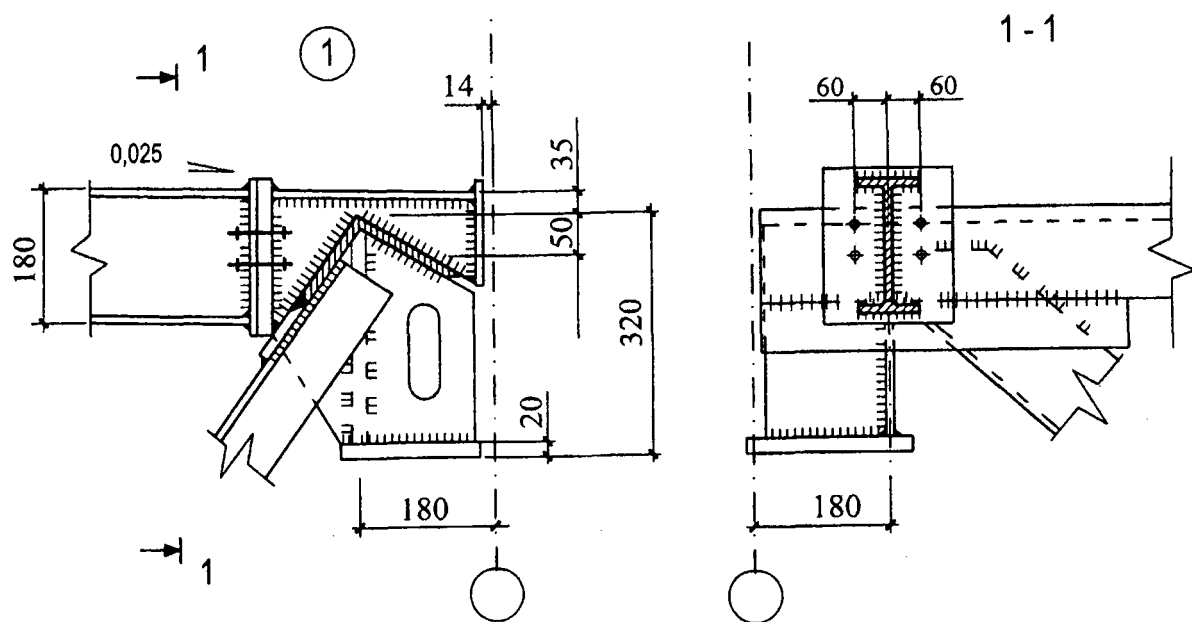


Рис. 6.7. Узлы структурных конструкций покрытий типа «Москва»  
(начало)

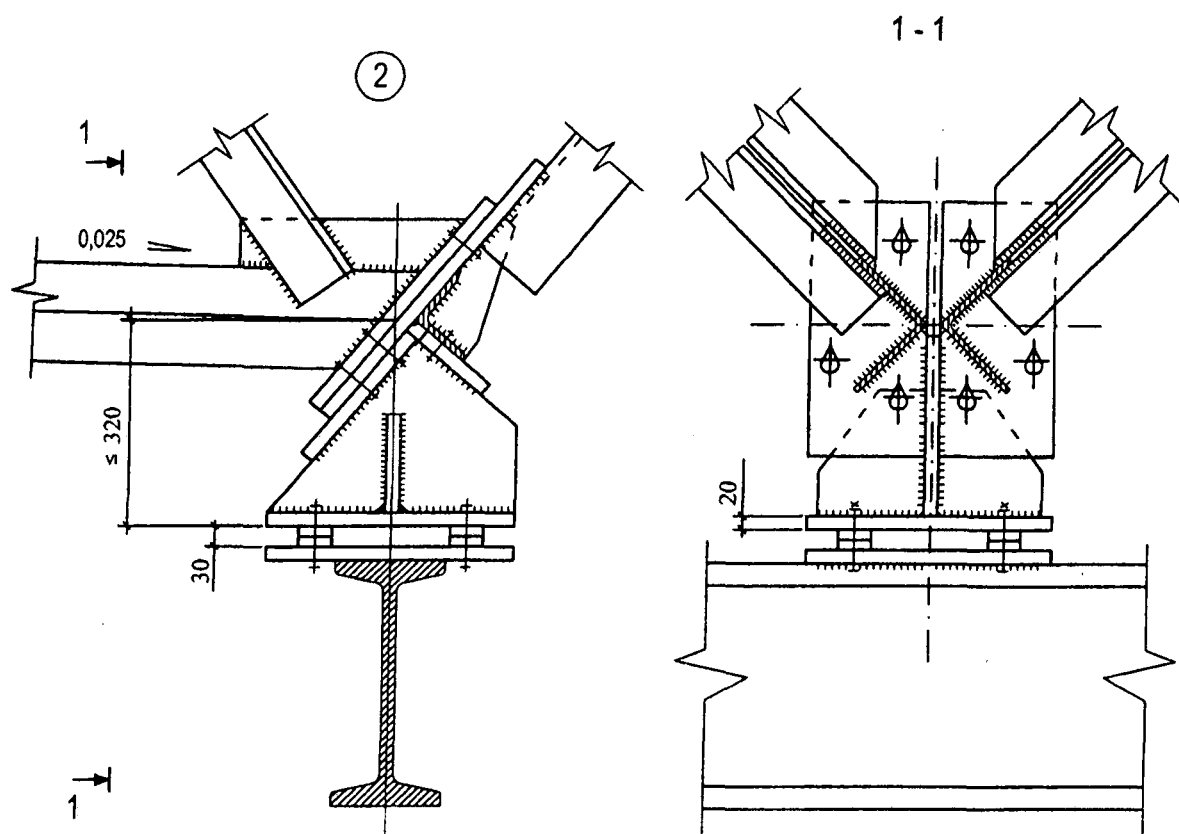


Рис. 6.7. Окончание

Профилированный настил с высотой волны 60–80 мм крепится к продольным верхним поясам структурных блоков самонарезающими винтами в каждой волне. Крепление листов профнастила между собой осуществляется комбинированными заклепками с шагом 400 мм.

Зенитные фонари размером 3×4 м и проемы в кровле рекомендуется располагать в средней части блока над ячейками без раскосов. Подвеску коммуникаций следует осуществлять в узлы верхнего пояса структурных блоков.

## Литература

1. Калугин, А. В. Деревянные конструкции: учеб. пособие (конспект лекций) / А. В. Калугин. – М. : АСВ, 2003. – 224 с. : ил.
2. Шмидт, А. Б. Атлас строительных конструкций из клееной древесины и влагостойкой фанеры : учеб. пособие / А. Б. Шмидт, П. А. Дмитриев. – М. : АСВ, 2001. – 292 с. : ил.
3. Металлические конструкции : общий курс : учеб. для вузов / Г. С. Ведеников [и др.] ; под ред. Г. С. Веденикова. – М. : Стройиздат, 1998. – 760 с. : ил.
4. Зубарев, Г. Н. Конструкции из дерева и пластмасс / Г. Н. Зубарев. – М. : Высшая школа, 1990. – 287 с. : ил.
5. Катюшин, В. В. Здания с каркасами из стальных рам переменного сечения (расчет, проектирование, строительство) / В. В. Катюшин. – М. : Стройиздат, 2005. – 656 с. : ил.
6. Кровля. Современные материалы и технологии / В. И. Теличенко [и др.]. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005. – 328 с.
7. Енджиевский, Л. В. Одноэтажные производственные здания с решетчатыми ригелями / Л. В. Енджиевский // Металлические конструкции. Т. 2. Конструкции зданий : учеб. для строит. вузов. – М. : Высшая школа, 2002. – Гл. 2. – С. 66–195.
8. Енджиевский, Л. В. Балки и балочные конструкции / Л. В. Енджиевский // Металлические конструкции. Т. 1. Элементы конструкций : учеб. для строит. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2001. – Гл. 5. – С. 221–271.
9. Предварительно напряженный и самонапряженный железобетон в США / С. В. Александровский [и др.]. – М. : Стройиздат, 1974. – 320 с.
10. Покрытия из двухслойных панелей с пенопластом пенорезол (материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов с полимерной и металлической кровлей). ФГУП «ЦНИИПРОЕКТЛЕГКОНСТРУКЦИЯ». – М., 2006. – 105 с. : ил.
11. Методическое пособие по разделу «Покрытия производственных зданий» курса «Архитектура зданий и градостроительство» для студ. спец. Т.19.01 «Промышленное и гражданское строительство» / А. Е. Балыко [и др.]. – Минск : БГПА, 1998. – 33 с.
12. Кровли и гидроизоляции с применением мембраны «FATRAFOL» из пластифицированного поливинилхлорида (PVC-P) фирмы «FATRA» (Чехия). Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов. Шифр М24.12/06. – М. : ОАО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 2006. – 80 с. : ил.
13. Серия 1.420.3-36.03. Каркасы стальные типа «УНИТЕК». Одноэтажные производственные здания с применением конструкций из профилей стальных гнутых замкнутых сварных квадратных и прямоугольных. – Вып. 0-1, 0-2. – М., 2003. – 786 с. : ил.
14. Серия ТРАССКОН 01–01. Стальные конструкции покрытий производственных зданий из замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения с уклоном кровли 2 %. Выполнена на основании «Покрытия стальные из квадратных, замкнутых, гнутосварных профилей типа «Трас-



скон» ТУ 5283-16502494680-2008, разработ. ЦНИИПСК им. Мельникова [Электронный ресурс]. – 2007 г. – Режим доступа : <http://dwg.ru/dnl/8754//http://www.ruukki.ru//>.

15. ASTRON : каталог продукции. – 40 с. : ил.

16. Rannila. Легкие стальные конструкции (Z и C прогоны). – 43 с. : ил.

17. Серия 1.462.3-17/85. Стальные решетчатые прогоны производственных зданий пролетом 12 м с применением профилей по сокращенному сортаменту металлопроката.

18. Рекомендации по проектированию. Балки двутавровые гофрированные облегченные (Гофро-балки ТУ У В2.6-28.1-30653953-007:2007) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.smk.com.ua/img/text/pdf/metallist.pdf>.

19. Гофро-балки. ТУ 5261-001-43892121-2005. ОАО «ФИРМА МетаКом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://dwg.ru/dnl/5762>.

20. Фасонный прокат и коммерческие профили : каталог продукции – 2008 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.arcelormittal.com.ua/images/pdf/ArcelorMittal\\_Catalog\\_Translat\\_rus.pdf](http://www.arcelormittal.com.ua/images/pdf/ArcelorMittal_Catalog_Translat_rus.pdf).

21. Технический справочник и руководство по продукции концерна «Consolis» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.consolis.ru/about/world/news/660/>.

22. Панели крыш и перекрытий. Продукция Компании E-Betoonelement [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://betoonelement.ee/ru>.

23. Технические решения. Металлические трехслойные сэндвич-панели для промышленного и гражданского строительства. «ИЗОБУД». – Минск, 2008. – 107 с.

24. Руководство по проектированию и монтажу однослойных кровель из полимерных мембран корпорации «ТехноНИКОЛЬ». – М., 2007. – 150 с. : ил.

25. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Шифр 774 КМ. Стальные конструкции покрытий одноэтажных производственных зданий из прокатных профилей с разреженной решеткой пролетом 18 и 24 м типа «Москва». – 168 с. : ил.

26. Проектирование и устройство кровель. П1-03 к СНБ 5.08.01-2000 : пособие к строительным нормам Республики Беларусь / Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2004. – 127 с. : ил.

27. Наружные стены, стены подвала, покрытия, чердачные перекрытия, перегородки, ограждающие конструкции мансард и полы с теплоизоляцией из минераловатных плит «ROCKWOOL». Материалы для проектирования и рабочие чертежи узлов. Шифр 24.25/06. – М. : ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, 2006. – 244 с.

28. Кровельные панели трехслойные с утеплителем из теплозвукоизоляционного огнестойкого материала «КЕМОТЕРМ АТ». Руководство по применению. Шифр 27.37/06-2. – М. : ЦНИИПРОМЗДАНИЙ. – 2008.

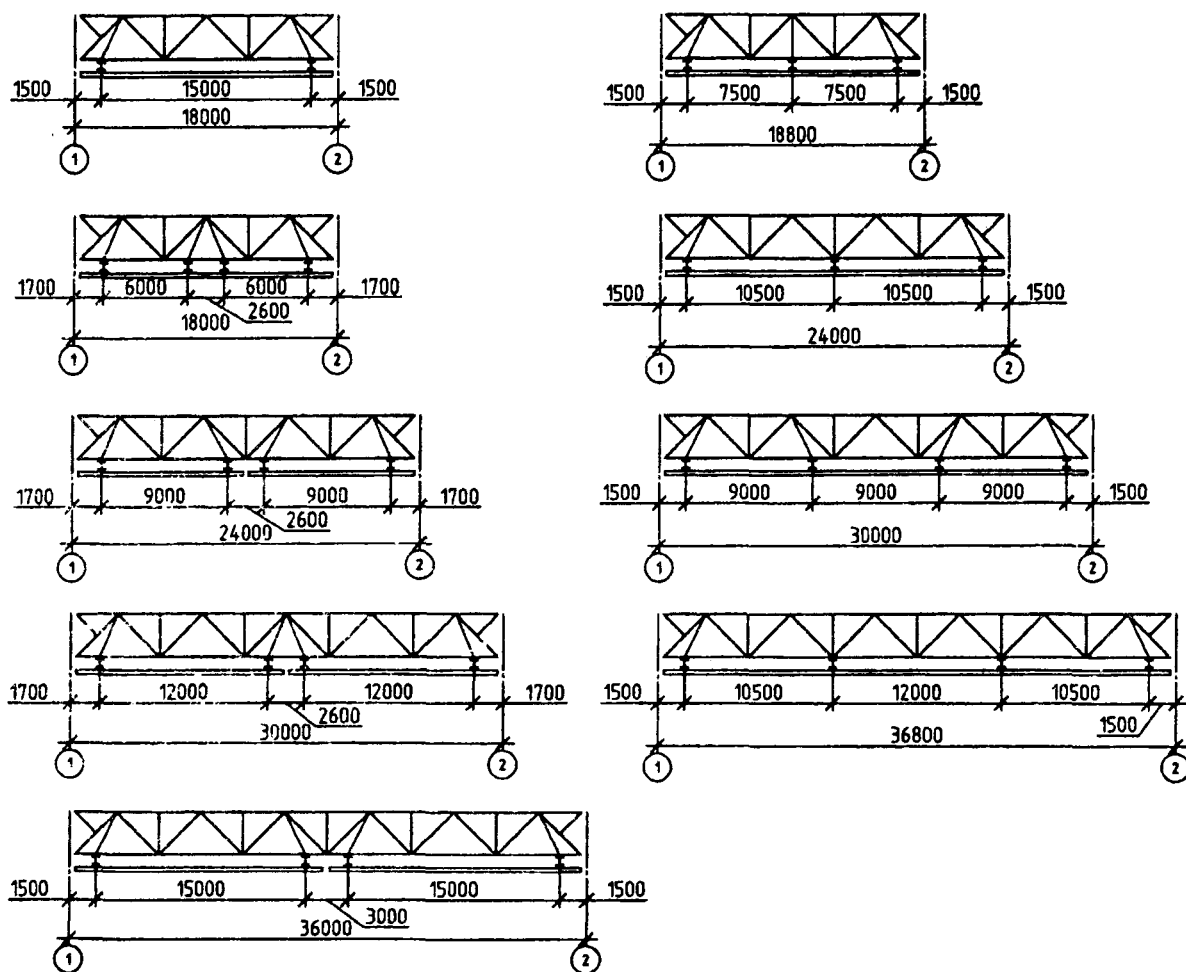
29. Конструкции стеновых и кровельных сэндвич-панелей поэлементной сборки : альбом технических решений. – М. : ПК Металл-Профиль – Лобня, 2009. – 144 с.

30. Сэндвич-панели BALEXTHERM с полиуретановым сердечником : в 2 ч. – 2005.

# Приложения

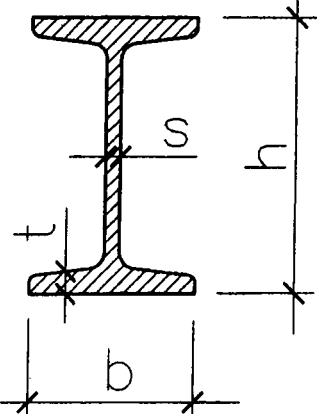
## Приложение А

### Схемы подвески кранов к стальным фермам



## Приложение Б

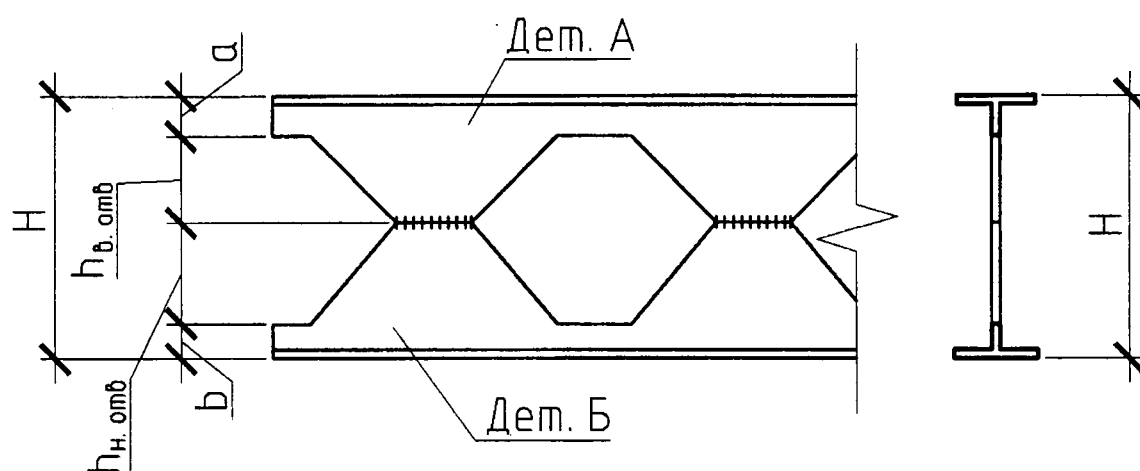
Размеры двутавровых балок пролетом 3, 4 и 6 м по ГОСТ 19425–74  
для путей подвесных кранов

	№ двутавра	$h$ , мм	$b$ , мм	$t$ , мм	$s$ , мм
	24М	240	110	14	8,2
	30М	300	130	15	9,0
	36М	360	130	16	9,5
	45М	450	150	18	10,5

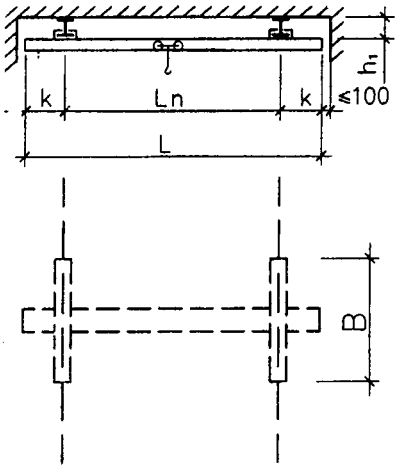
## Приложение В

Балки пролетом 12 м (Серия 1.426-6 вып. 2)  
для путей подвесных кранов

Марка	Деталь А (исходный профиль)	Деталь Б (исходный профиль)	Размеры, мм				
			$H$	$a$	$b$	$h$ в. отв.	$h$ н. отв.
БК 12-1	I 30 Ш1	I 24М	401	70	60	150	120
БК 12-2	I 35 Ш1		437	82		174	
БК 12-3	I 35 Ш2	I 30М	483	83	75	200	150
БК 12-4	I 40 Ш1	I 35М	565	97	90		180
БК 12-5		I 45М	532		112		225
БК 12-6	I 70 Ш1	I 45М	854	167	112	349	225
БК 12-7							



Основные размеры однобалочных однопролетных подвесных кранов  
грузоподъемностью 1–5 т



Пролет <i>L</i> <sub>п</sub> , м	Длина консоли <i>K</i> , м	Ширина <i>B</i> , м				Крановый путь двутавровая балка			
		Грузоподъемность крана, т							
		1,0	2,0	3,2	5,0	1,0	2,0	3,2	5,0
3,0	0,3	1252		1856	24М 30М 36М	30М 36М 45М			
	0,6								
4,5	0,3								
	0,6								
6,0	0,3	1452		2096					
	0,6								
	0,9								
9,0	0,6						1702		
	0,9								
	1,2								
	1,5								
12,0	0,6								
	0,9								
	1,2								
	1,5								
15,0	0,6								
	0,9								
	1,2								

## Оглавление

Введение .....	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ И КОНСТРУКЦИЯХ ПОКРЫТИЙ .....	4
2. ПЛОСКОСТНЫЕ БЕЗРАСПОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ .....	9
2.1. Общие сведения .....	9
2.2. Металлические плоскостные безраспорные конструкции .....	11
2.3. Железобетонные плоскостные безраспорные конструкции .....	41
2.4. Деревянные плоскостные безраспорные конструкции .....	59
3. ПЛОСКОСТНЫЕ РАСПОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ .....	67
3.1. Общие сведения .....	67
3.2. Металлические плоскостные распорные конструкции .....	69
3.3. Деревянные плоскостные распорные конструкции .....	87
4. ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ .....	93
4.1. Общие сведения об ограждающих элементах покрытий .....	93
4.2. Устройство кровли при несуще-ограждающих конструкциях с применением профилированного настила .....	96
4.3. Устройство кровли по железобетонным несуще-ограждающим конструкциям покрытий .....	114
4.4. Деревянные несуще-ограждающие конструкции покрытий .....	122
5. СИСТЕМА СВЯЗЕЙ В ПОКРЫТИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ .....	126
5.1. Общие сведения .....	126
5.2. Связи в покрытиях с металлическими плоскостными несущими конструкциями .....	126
5.3. Связи в покрытиях с железобетонными плоскостными несущими конструкциями .....	141
5.4. Связи в покрытиях с деревянными плоскостными несущими конструкциями .....	148
6. ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ .....	154
Литература .....	164
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	166

Учебное издание

**ФОМИЧЁВА** Наталья Михайловна  
**ТОКАРЕВА** Нелли Алексеевна  
**ПИНЧУК** Сергей Гаврилович

**КОНСТРУКЦИИ ПОКРЫТИЙ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов специальностей 1-69 01 01 «Архитектура»  
и 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство»

Редактор *В. О. Кутас*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 05.10.2012. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 19,76. Уч.-изд. л. 7,73. Тираж 300. Заказ 81.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.